

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA  
EKONOMICKÁ FAKULTA

KATEDRA FINANČÍ

Zhodnocení vývoje ceny ropy na světových trzích  
Evaluation of Development of Oil Price on Global Markets

Student: Bc. Jan Šimek

Vedoucí diplomové práce: Ing. Kateřina Kořená, Ph.D.

Ostrava 2017

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Ekonomická fakulta  
Katedra financí

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jan Šimek**  
Studijní program: N6202 Hospodářská politika a správa  
Studijní obor: 6202T010 Finance  
Téma: **Zhodnocení vývoje ceny ropy na světových trzích**  
**Evaluation of Development of Oil Price on Global Markets**  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
  2. Základní popis trhu s ropou a teoretické vymezení ekonometrického modelu
  3. Charakteristika hlavních faktorů ovlivňujících cenu ropy
  4. Analýza ceny ropy
  5. Závěr
- Seznam použité literatury  
Seznam zkratk  
Prohlášení o využití výsledků diplomové práce  
Seznam příloh  
Přílohy

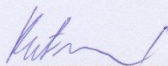
Seznam doporučené odborné literatury:

GREENE, William H. *Econometric analysis*. 6th ed. Upper Saddle River, N.J.: Pearson Prentice Hall, 2008. 1178 s. ISBN 978-0-13-513245-6.  
JÍLEK, Josef. *Finanční a komoditní deriváty v praxi*. 2. vyd. Praha: Grada, 2010. 632 s. ISBN 978-80-247-3696-9.  
NESNÍDAL, Tomáš a Petr PODHAJSKÝ. *Obchodování na komoditních trzích*. 2. vyd. Praha: Grada, 2007. 200 s. ISBN 978-80-247-1851-4.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Kateřina Kořená, Ph.D.**

Datum zadání: 18.11.2016  
Datum odevzdání: 21.04.2017



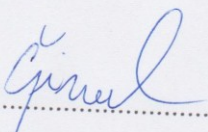
Ing. Iveta Ratmanová, Ph.D.  
vedoucí katedry



prof. Dr. Ing. Zdeněk Zmeškal  
děkan fakulty

*„Prohlašuji, že jsem celou práci, včetně všech příloh vypracoval samostatně.“*

V Ostravě dne 20.dubna.2017

  
.....  
Bc. Jan Šimek

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Základní popis trhu s ropou a teoretické vymezení ekonometrického modelu</b>	<b>7</b>
2.1	Komodity.....	7
2.2	Obchodování s komoditami .....	7
2.3	Druhy komodit .....	8
2.4	Pojem ropa a jeho význam .....	8
2.4.1	Slovo ropa.....	8
2.4.2	Základní charakteristika ropy .....	8
2.5	Druhy ropy .....	9
2.5.1	Ropa Brent.....	9
2.5.2	Ropa WTI (West Texas International) .....	10
2.5.3	Koš OPEC.....	10
2.5.4	Ropa Dubai (Dubai Fateh).....	11
2.5.5	Ropa REB (Russian Export Blend) .....	11
2.5.6	Nekonvenční ropa.....	11
2.6	Vývoj ceny ropy .....	12
2.6.1	První ropný šok.....	14
2.6.2	Druhý ropný šok .....	15
2.6.3	Válka v Perském zálivu .....	16
2.6.4	Asijská krize .....	17
2.6.5	21. století .....	18
2.6.6	Současnost .....	20
2.6.7	Rok 2016.....	21
2.7	Vymezení modelu .....	21
2.7.1	Formulace lineárního regresního modelu .....	22
2.7.2	Analýza vstupních časových řad .....	22
2.8	Vymezení statistické verifikace.....	24
2.9	Ekonomická verifikace.....	24
2.9.1	Předpoklad autokorelace.....	25
2.9.2	Heteroskedasticita.....	27
2.9.3	Multikolinearita .....	28

2.9.4	Specifikace modelu.....	29
2.9.5	Testování normality reziduí.....	30
2.10	Predikce modelu .....	31
<b>3</b>	<b>Charakteristika hlavních faktorů ovlivňující cenu ropy.....</b>	<b>32</b>
3.1	Dolar.....	32
3.2	Poptávka po ropě a růst světového hospodářství .....	33
3.2.1	USA .....	34
3.2.2	Čína.....	35
3.3	Nabídka ropy .....	36
3.4	Zásoby .....	38
3.5	Vojenské konflikty .....	40
3.6	Počasí a přírodní katastrofy .....	41
3.7	Spekulace a nejistota na trzích .....	42
3.8	Inflace.....	43
3.9	Úroková míra.....	43
3.10	Politické vlivy.....	44
3.11	Ostatní komodity .....	45
<b>4</b>	<b>Analýza ceny ropy .....</b>	<b>47</b>
4.1	Datový soubor .....	47
4.2	Vymezení proměnných .....	48
4.2.1	Vysvětlovaná proměnná WTI.....	48
4.2.2	Vysvětlující proměnná Dolar.....	49
4.2.3	Vysvětlující proměnná Inflace.....	49
4.2.4	Vysvětlující proměnná Dodavky_USA .....	50
4.2.5	Vysvětlující proměnná Efekt .....	51
4.2.6	Vysvětlující proměnná Spotřeba_svět .....	52
4.2.7	Vysvětlující proměnná VIX.....	53
4.2.8	Analýza chybějících proměnných .....	54
4.2.9	Dekompozice proměnných .....	55
4.3	Korelace proměnných .....	55
4.4	Analýza zpoždění časových řad .....	56
4.5	Výběr vhodného modelu .....	60
4.6	Odhad lineárního regresního modelu .....	60

4.7	Statistická verifikace .....	62
4.7.1	T-test.....	62
4.7.2	F-test .....	62
4.8	Ekonomická verifikace.....	62
4.8.1	Autokorelace.....	63
4.8.2	Durbin-Watsonův test.....	64
4.9	Zmírnění autokorelace.....	64
4.9.1	Přidání trendové proměnné.....	65
4.9.2	Cochrane-Orcutt metoda.....	65
4.9.3	Přidání zpožděné vysvětlované proměnné .....	66
4.9.4	Přidání zpožděné vysvětlované proměnné o dvě období.....	67
4.10	Heteroskedasticita.....	68
4.10.1	Vývoj reziduí v čase .....	68
4.10.2	White test.....	69
4.11	Multikolinearita .....	69
4.11.1	Metoda párových korelačních koeficientů .....	69
4.11.2	Míra korelovatelnosti.....	70
4.12	Specifikace modelu.....	71
4.12.1	Ramsey-Reset test.....	71
4.13	Testování normality reziduí.....	72
4.13.1	Histogram reziduí .....	72
4.13.2	Kolmogorův-Smirnovův test .....	72
4.14	Zhodnocení modelu .....	73
4.15	Predikce modelu .....	74
4.15.1	Porovnání predikce modelu se skutečností.....	75
4.16	Závěrečné zhodnocení .....	76
<b>5</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>79</b>
	<b>Seznam použité literatury.....</b>	<b>80</b>
	<b>Seznam zkratk.....</b>	<b>83</b>
	<b>Prohlášení o využití výsledků diplomové práce</b>	
	<b>Seznam příloh</b>	

# 1 Úvod

Ropa, jinak také nazvána černé zlato, je v současné době považována za jednu z nejdůležitějších komodit na světě. Jedná se o surovinu, která zaujímá důležité místo v životě kolem nás, ať se jedná o benzin nebo naftu, nebo výrobky chemického průmyslu. Je třeba si však uvědomit, že ropa není obnovitelný zdroj a v budoucnu dojde k jejímu vyčerpání. Vyspělé země se to již snaží řešit investicí do jiných surovin, avšak výsadní postavení ropy stále trvá. Z důvodu turbulencí na ropných trzích jsem si vybral právě téma ropy. Cílem diplomové práce je zhodnotit vývoj ceny ropy na komoditních trzích.

Diplomová práce je rozdělena do pěti kapitol. V druhé kapitole je pozornost zaměřena na základní popis komoditních trhů. Úvod kapitoly se věnuje pojmu komodita, následně je zmíněno možné rozdělení komodit do čtyř zmíněných druhů. V další části je pozornost zaměřena na pojem ropa a provedeno rozdělení ropy dle geografického hlediska, hustoty ropy a dle konvenčnosti těžby. Poté je zaznamenán historický vývoj cen ropy se zaměřením na významné události, které zapříčinily výkyv cen na komoditních trzích. V další části je vymezen ekonometrický model a formulovány jeho základní předpoklady, umožňující bezchybné fungování ekonometrického modelu. Poté jsou vysvětleny testy zajišťující statistickou a ekonomickou verifikaci.

Ve třetí kapitole jsou charakterizovány hlavní faktory ovlivňující cenu ropy. Faktorům je přisouzen pozitivní či negativní vliv, některé jsou demonstrovány grafickým aparátem. U každého faktoru je prokázán vliv na historické události, které cenu ropy ovlivnily.

Čtvrtá kapitola je věnována praktické části. Za pomoci zmíněných vlivů z předchozí části, dojde k zahrnutí šesti základních faktorů jako vysvětlujících proměnných do modelu. Důvod zařazení proměnných je v této části uveden taktéž. Poté následuje detailní rozbor proměnných a vymezení časových řad v modelu. Po úpravě časových řad je provedena statistická verifikace k posouzení významnosti modelu jako celku. Po splnění této podmínky je možno přejít na ověření základních předpokladů modelu. Jedná se o předpoklady autokorelace, heteroskedasticity, multikolinearity, specifikace modelu a testování normálního rozdělení. V další části kapitoly je zobrazena predikce modelu na všechny čtyři čtvrtletí roku 2017, a poté je předpověď srovnána s realitou.

V závěrečné kapitole jsou shrnuty poznatky a výsledky práce.

## **2 Základní popis trhu s ropou a teoretické vymezení ekonometrického modelu**

V této části práce jsou blíže vymezeny základní teoretické poznatky o komoditě zvané ropa. Nejprve je třeba upřít pozornost na komodity jako celek, jelikož ropa je považována za nejvýznamnější z komodit. V další části je definována ropa jako surovina a následně analyzován vývoj ceny ropy na komoditních trzích. Do této kapitoly je také zařazeno základní vymezení teoretického pohledu, tudíž jeho předpoklady a testy, vedoucí k jejich otestování.

### **2.1 Komodity**

Tato část je blíže věnována vymezení, co přesně pojem komodita znamená. Jak praví Nesnídal (2007, s. 13), „Komodity jsou zjednodušeně suroviny. Většina základních surovin kolem nás, jako např. pšenice, vepřové maso, ropa i zlato, těm všem se souhrnným názvem říká komodity. Komodity jsou jedním z naprostých základů života na naší planetě, a aniž bychom si to dostatečně uvědomovali, přicházíme s komoditami do styku prakticky každý den a dokud bude existovat lidstvo, budou zde i nejrůznější komodity, které budou dnes a denně nakupovat nebo prodávat miliony lidí.“

Jak z výše zmíněného vyplývá, komoditní trh lze považovat za jeden z největších trhů na světě.

### **2.2 Obchodování s komoditami**

Z pohledu obchodování, oproti dluhopisům nebo akciím, je však princip rozdílný. Obchodované komodity ztělesňují pouze podkladové aktivum. To znamená, že z hodnoty vybraného aktiva je odvozen nástroj k obchodování, jinými slovy komoditní derivát.

Proces obchodování s komoditami je představen tzv. komoditními futures. Jak říká Jílek (2010, s. 311), „Jedná se o výměnu pevné částky hotovosti za komoditní nástroj k určitému datu v budoucnosti. Komoditní futures je primárně sázkou na budoucí cenu komoditního nástroje.“ Většinou se jedná o standardizované kontrakty, tedy stačí pouze vybrat expiraci kontaktu a nakoupit ji.

Pro obchodování s komoditami existují dva motivy, a to transakční a spekulativní. Při jednoduché transakci je na straně prodávajícího někdo, kdo komodity vypěstoval či jinak získal. Kupujícím je při této transakci ten, kdo ji následně zpracuje na další produkt. Protipólem této transakce je spekulace. Spekulant nekupuje komodity kvůli vlastnictví, avšak pouze proto, aby dosáhl spekulativního zisku při změně ceny komodity.



## 2.3 Druhy komodit

Jelikož je definice komodit vcelku rozsáhlá, proto jsou suroviny, považující se za komodity rozděleny do několika skupin. Podle Jílka (2010, s. 311), „Rozdělujeme komoditní futures do čtyř skupin, a to na zemědělské komodity (jako kukuřice, oves, sója, mléko, kakao, skot, dobytek), drahé kovy (zlato, stříbro, platina), základní kovy (měď, hliník, zinek, olovo a cín) a v neposlední řadě energetické komodity (jako je ropa, topný olej, benzin nebo zemní plyn).“

Za nejvyvinutější ze zmíněných čtyř trhů lze považovat komoditní trhy kovů a energetických komodit.

## 2.4 Pojem ropa a jeho význam

V této části dojde k bližšímu vymezení slova ropa a následně k posouzení významu této komodity. O ropě se dá říci, že se jedná o velmi významnou surovinu, jelikož se s ní téměř každý z nás setkává každý den.

### 2.4.1 Slovo ropa

Slovo ropa v češtině vyjadřuje těženou surovinu. O původu slova ropa panují pochybnosti, jedna teorie praví, že ropa přišla do češtiny z Podkarpatské Rusi nebo Rumunska. Jak tvrdí Cílek (2008, s. 20), „Na Podkarpatské Rusi a v Rumunsku bylo používáno slovo ropa pro označení solanky čerpané ze studně a vrtů, ze které se vyráběla sůl. Je možné, že hustá kapalina – ropa – se solance podobala právě tím, že byla také získávána z vrtů.“

Co se týče angličtiny, v ní se ropa i nafta souhrnně označují slovem „crude oil“ nebo zkráceně pouze „oil“. Pojmenování vzešlo z příčiny, že první ropa se používala především jako mazadlo. Za zmínku stojí také synonymum slova oil, a to petroleum. První část slova petroleum představuje horninu nebo skálu a pojem oleum znamená olej.

### 2.4.2 Základní charakteristika ropy

Pod pojmem ropa se rozumí tekutá směs pevných, plynných i tekutých uhlovodíků, původu přirozeného. Ropa je žlutohnědá až černá hořlavá kapalina olejovitého typu, jejíž hustota je uváděna okolo  $800 \text{ kg/m}^3$ . Základní charakteristika spočívá v hustotě ropy, která se vyjadřuje ve stupnici API (American Petroleum Institute). Jak tvrdí Cílek (2008, s. 22), „Stupnice API se vyjadřuje z hustoty ropy při  $15,6^\circ \text{C}$ . Podle stupnice API má voda  $10^\circ \text{API}$ , těžká ropa do  $20^\circ \text{API}$ , běžná  $25^\circ - 35^\circ \text{API}$  a lehká více než  $35^\circ \text{API}$ . Nejcennější jsou ropy lehké, ze kterých se dá získat velké množství benzínu. Naopak těžké ropy dávají při destilaci hlavně asfalt.“

Při bližším se zaměření na složení je možno zaznamenat fakt, že v ropa obsahuje velmi mnoho organických sloučenin. Nejvíce zastoupenou strukturní skupinou jsou uhlovodíky, které obsahují až 86 % hmotnosti ropy. Uhlovodíky jsou sloučeniny organického původu, které se skládají z uhlíku a vody. Za další dvě významné strukturní skupiny lze považovat heterosloučeniny a sloučeniny vysokomolekulární.

Ropa je rozmístěna po všech kontinentech zeměkoule, v různých hlubinách zemské kůry, jak pod zemí, tak i pod mořským a oceánským dnem. V nalezištích ropy, kde jsou ložiska velmi blízko sebe, se vytváří tzv. ropné pole s velmi výraznými zásobami ropy. V současnosti jsou ložiska nacházející se blíže pod povrchem většinou vytěžena. Z tohoto důvodu dochází k hledání nových ložisek, které jsou v hloubkách okolo 10 km pod povrchem.

## **2.5 Druhy ropy**

Ropný průmysl dělí ropu nejčastěji podle tří kritérií, dle geografického hlediska, dle konvenčnosti a dle její hustoty.

Základní rozdělení ropy dle hustoty se rozumí definice, zda je kyselá (sour) nebo sladká (sweet). Typickou vlastností kyselé ropy je 3 - 4 hmotnostního procenta síry, kdežto u sladké ropy má síra méně než 1 hmotnostní procento. K odstranění síry posléze dochází v rafinériích, kde je možno ropu dle obsahu síry rozdělit na tři základní typy. Prvním typem je lehká ropa (light) s obsahem síry 0 - 0,6 hmotn. %, dalším středně těžká (intermediate) ropa s obsahem síry 0,6 – 1,7 hmotn. % a nejvíce síry, konkrétně v hodnotě 1,7 hmotn. % obsahuje těžká ropa (heavy).

Z hlediska konvenčnosti těžby lze ropu dělit na konvenční a nekonvenční. Základní rozdíl je možno vidět ve faktu, že konvenční ropa teče z obrubně ropné studny, naopak nekonvenční ropu je třeba nějakým způsobem vyrobit, například z uhlí, tmavých břidlic nebo z uhlovodíků ropných písků.

Dělení dle geografického hlediska spočívá v rozlišení druhů ropy podle jejího naleziště. Za základní druhy zmíněného dělení se používají ropa Brent, WTI, Dubai, koš OPEC a REB.

### **2.5.1 Ropa Brent**

Ropa Brent je vysoce kvalitní surová ropa o malém obsahu síry, v hodnotě pouhých 0,37 %. Jedná se o ropu vytěženou z patnácti ropných polí v Severním moři. Tento druh je díky svým vlastnostem vhodný pro výrobu středně těžkých destilátů a benzinu. Příznačným znakem pro ropu Brent je také zpracování v rafinériích po severozápadní Evropě.

Ropa Brent má velmi významnou roli při ocenění dodávek ropy. Její cena se používá při ocenění 65 % světových dodávek ropy, typicky pro dodávky spotřebované v Evropě, Africe a Středním východu.

Obecně lze říci, že cena ropy Brent je považována za hlavní užívaný světový ropný index a také hlavní ukazatel benchmarku.

### 2.5.2 Ropa WTI (West Texas International)

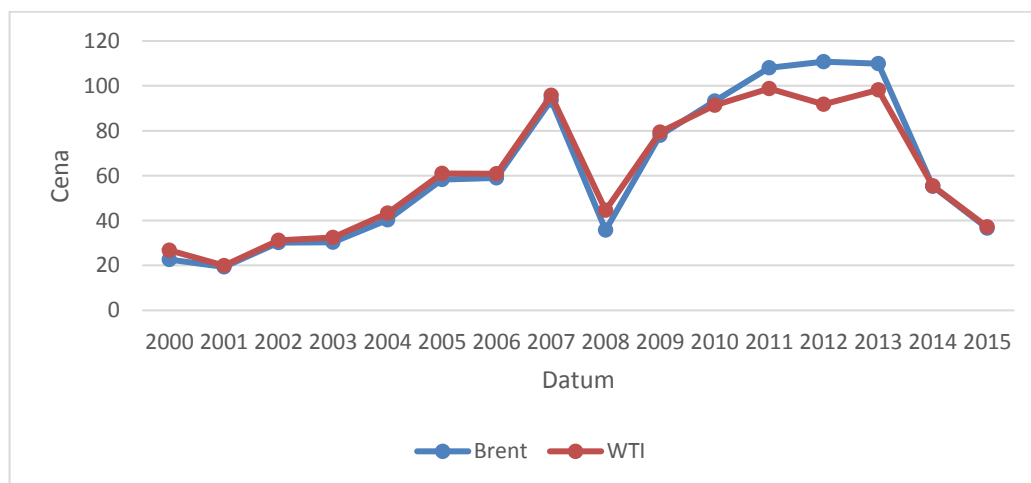
Za další významný druh je považována ropa WTI. Lze ji charakterizovat jako surovou ropu o vysoké kvalitě, která obsahuje pouze 0,24 % síry. Jedná se o lehkou ropu, lehčí, než je ropa Brent. Co se týká těžby, komodita pochází z nalezišť v Oklahomě a severozápadním Texasu.

Význam ropy WTI spočívá v její spotřebě v USA, konkrétně se využívá pro rafinaci benzínu. I přesto, že od indexu WTI odstoupili již někteří producenti z Perského zálivu, index je neustále považován za hlavní benchmarkový ukazatel pro americký kontinent.

Jak píše Osička (2012, s. 153), „Cena ropy WTI je zpravidla ceněna s 5 až 6 \$ premií vůči koši OPEC a také bývala ceněna s 1-2 \$ premií vůči ropě Brent. Situace se však poslední dobou změnila a cena Brentu je výrazně vyšší než cena WTI.“

V následném Grafu 2.1 je provedeno srovnání ropy Brent a WTI v posledních letech.

Graf 2.1 Srovnání ropy Brent a WTI (v USD)



Zdroj: Vlastní zpracování dle dat EIA

### 2.5.3 Koš OPEC

Dalším důležitým druhem je Koš ropy OPEC. Cenová definice je prostým průměrem sedmi směsí ropy, produkovaných státy organizace OPEC. Jedná se o mixy těžkých i lehčích druhů. Cena této ropy je udržována v jistých bariérách, které svou politikou nastavují země

OPEC, buďto zvyšováním produkce ropy nebo jejím snižováním. Do koše OPEC jsou zařazeny nigerijská Boony Light, alžírská Saharand Blend, venezuelská Tia Juana Light, saudskoarabská Arab Light, indonéska Minas, ropa Fateh ze Spojených arabských Emirátů a mexická Isthmus.

Mexická ropa Isthmus je paradoxem zmíněného koše, jelikož Mexiko není země organizace OPEC.

#### **2.5.4 Ropa Dubai (Dubai Fateh)**

Jedná se o ropu z Perského zálivu, konkrétně těžící se v Dubaji. Tento druh je určen hlavně pro asijské trhy. Jedná se o lehkou kyselou ropu obsahující 2 % síry. Ropa Dubai patří mezi významné z určujících druhu ropy, jelikož se používá k oceňování pro vývoz do Asie.

#### **2.5.5 Ropa REB (Russian Export Blend)**

Jedná se o ruskou exportní směs dvou druhů ropy, kterými jsou lehká povolžská ropa se středním obsahem síry a těžká zauralská ropa. Jak říká Osička (2012, s. 154), „Jedná se o ropu s obsahem 1,53 % síry, jejichž cena je určována na obchodních místech v Amsterdamu a v Augustě. Ropa REB je určena především pro evropské trhy.“

#### **2.5.6 Nekonvenční ropa**

Jak již bylo dříve zmíněno, nekonvenční těžba ropy a zemního plynu je zajímavým a důležitým trendem posledních let. Jedná se o ropu, která není získávána tradičními těžebními metodami, ale díky moderním technologiím z nových zdrojů, mezi které patří roponosné písky („oil sands“), ropné břidlice, biopaliva či přeměna zemního plynu a uhlí na kapalné uhlovodíky.

Těžba roponosných písků je z energetického hlediska velice náročná z důvodu velké spotřeby vody. Značné zásoby písků jsou prokázány v Kanadě v provincii Alberta a ve Venezuele. Jak praví Cílek (2008, s. 109), „Zásoby v provincii Alberta pokrývají plochu zhruba o velikosti celé České republiky. Představte si, že by celé Čechy byly jednou obrovskou pánví, kde by pod několika desítkami až 400 metry sedimentů ležela v průměru kolem 20 metrů mocná téměř vodorovná vrstva ropných písků.“ V současné době je hodnota celosvětových zásob roponosných písků odhadnuta ve výši 1 000 miliard barelů.

Ropné břidlice jsou další významnou součástí nekonvenčních zdrojů. Jedná se o usazené horniny, které jsou zahřátím na vysokou teplotu (až 500 °C) bez přítomnosti kyslíku přeměněny na ropu. I u ropných břidlic je těžba velice náročná, se současným využitím technologií lze hovořit o zdroji na hraně energetické návratnosti. Avšak hodnota množství zásob ropných břidlic je velmi vysoká, podle odhadů vyšší než 3 000 miliard barelů.

Těžba z nekonvenčních zdrojů však neobsahuje pouze pozitiva. Problémy lze vidět v nákladech na těžbu, energetické náročnosti a výrazném ekologickém problému v místě těžby. Náklady na těžbu jsou výrazně vyšší než v případě konvenční těžby. Je možné odhadnout, že se těžba z břidlic a písků vyplatí až okolo ceny 60 USD/barel, v případě ceny nižší je těžba ztrátová. Dalším limitujícím faktorem je velká spotřeba zemního plynu a vody při těžbě, kdy následně dochází ke vzniku několikakilometrových jezer odpadních vod, se kterými si momentálně lidstvo neví rady. Z důvodu hyzdění krajiny je mnoho ekologických organizací zásadně proti těžbě z nekonvenčních zdrojů a jejich snahou je zabránit zmíněné těžbě.

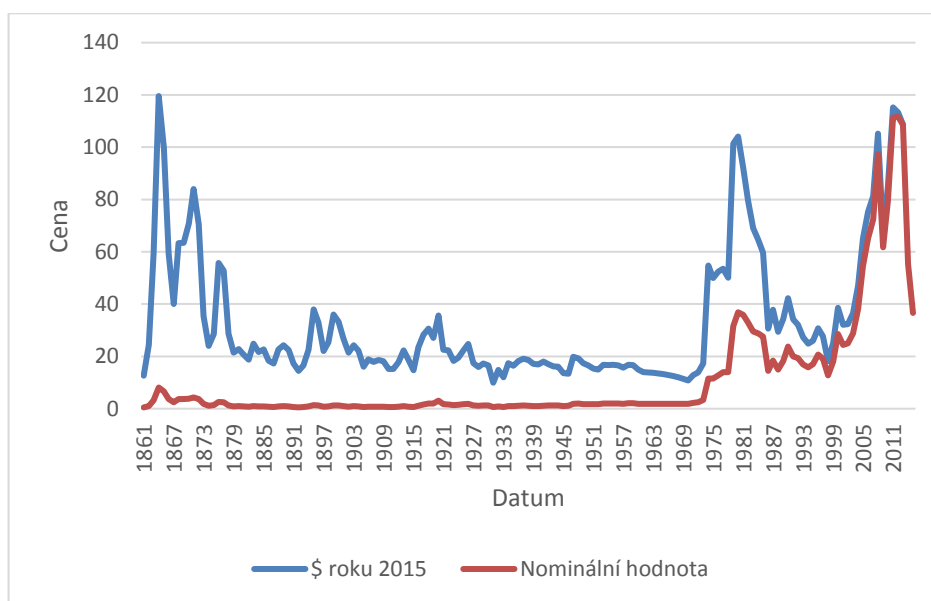
Ač to nemusí být na první pohled patrné, těžbou nekonvenčních zdrojů je možno ovlivnit také geopolitickou situaci. Zásoby nekonvenčních zdrojů jsou ve světě rozmístěny rovnoměrněji než v případě konvenčních zdrojů. Při těžbě z těchto zásob je možno zaznamenat novou skutečnost, a to pozvolné snižování vlivu OPEC na ropný trh. U odhadu organizace EIA lze říci, že těžba ropy a zemního plynu v USA, Kanadě a Číně by měla být v roce 2035 vyšší minimálně o 50 %.

Objev nekonvenčního způsobu těžby ropy ovlivnil taktéž názor na vyčerpatelnost zásob ropy. V současné době je překonán černý scénář vytěžení ropy v horizontu několika desetiletí. Optimistické predikce předpokládají, že ropy by mělo dostatek pro následujících 200 let. Při započítání roponosných písků a břidlic lze také vidět nový jev, kdy ropné zásoby Kanady by byly téměř ve stejné výši, jako zásoby celého společenství OPEC. I vzhledem k politické stabilitě Kanady je možno tvrdit, že Kanada může hrát v budoucnu prim na ropném trhu.

## **2.6 Vývoj ceny ropy**

Následující část je věnována ceně ropy a jejímu vývoji. O ceně ropy lze říci, že se chová naprosto stejně, jako cena jakéhokoliv jiného zboží, tedy s výraznou volatilitou v dobách nadbytku i nedostatku. Tato volatilita je zapříčiněna změnami nabídky a poptávky. V následném Grafu 2.2. je vyobrazen vývoj ceny ropy od roku 1861, až do současnosti. Ceny jsou zaznamenány v nominálním vyjádření, ale také ve vyjádření reálném, kdy nominální ceny jsou přepočteny na hodnotu dnešních cen.

**Graf 2.2 Vývoj ceny ropy od roku 1861 (v USD)**



*Zdroj: Vlastní zpracování dle BP-Statistical Review 2016*

Jak lze z předchozího Grafu 2.2 vyčíst, cena ropy byla ve svých prvopočátcích velice rozkolísaná, mezi lety 1861–1865 vzrostla její hodnota téměř na svůj desetinásobek. Příčinu je možno přisoudit probíhající občanské válce, ale také prvnímu využití ropy, konkrétně jako palivo do lamp a k léčebným účelům. V následných letech došlo opět k výkyvům ceny, přebytky ropy se střídaly s dobou nedostatku a trh se podařilo ovládnout vývozcům ropy, jenž si hleděli pouze svých zájmů.

Změna však nastala v 70. letech 19. století. Poté ovládl trh s ropou John Rockefeller se svou společností Standard Oil Company. Tato monopolní situace se projevila výrazně i na trhu s ropou, cena se pohybovala v relativně konstantní úrovni až do 70. let 20. století. V konkrétních hodnotách v nominálním vyjádření mezi 1 a 2 USD, přepočteno na dnešní dolar v rozmezí 15–35 USD. Drobné výkyvy byly způsobeny řadou různorodých událostí. Kupříkladu v roce 1894 propukla mezinárodní epidemie cholery a cena ropy mírně poklesla, v roce 1920 z důvodu nárůstu rozšíření automobilů cena komodity vzrostla, o pár let později však z důvodu vypuknutí tzv. Velké hospodářské krize došlo opět ke snížení ceny ropy za jeden barel. Od této deprese, až do roku 1973, nedocházelo k výrazným výkyvům ceny. Vliv na cenovou politiku začínala získávat skupina OPEC, jejíž vliv v 2. polovině 20. století sílil.

### 2.6.1 První ropný šok

Obecně se za ropný šok považuje situace, kdy poptávka po ropě převýšila její nabídku. První zaznamenaná situace byla datovaná do roku 1973. První ropný šok byl zapříčiněn několika faktory, ať již politickými či ekonomickými.

První faktor lze vidět již v roce 1971. Jak praví Černoch (2012, s. 66), „USA rozhodnutím prezidenta Richarda M. Nixona, zrušily Bretton–Woodský systém, jelikož Spojené státy již nebyly schopny držet systém pevného dolaru. Dolar tedy již nebyl fixován na zlato a USA přešla na tzv. floating.“ Následkem tohoto rozhodnutí došlo k oslabení dolaru, což zasáhlo také cenu ropy, která oslabila. Po celém světě došlo k vyššímu nárůstu nervozity vůči budoucímu vývoji. Na tuto situaci zareagovala organizace OPEC, která v roce 1973 snížila těžbu ropy, aby dosáhla svého cíle, kterým bylo navýšení její ceny.

Další faktor je ryze politický. Politická nestabilita byla započata již v roce 1967, kdy během bleskové šestidenní války ovládl Izrael Sinajský poloostrov, západní Jordánsko a východní Izrael na úkor arabských států. Ty požadovaly urychlené stažení izraelských vojsk ze zmíněných oblastí, nicméně Izrael odmítl. Z tohoto důvodu dne 6. října 1973 vojska Egypta a Sýrie napadla Izrael na největší židovský svátek „Den smíření“ (hebrejsky Jom kipur). Tento útok se po prvotním šoku podařilo Izraeli odrazit a za pouhé tři týdny se izraelské jednotky ocitly na straně jedné 100 kilometrů od Káhiry, a na straně druhé 60 kilometrů před Damaškem. Arabské státy zareagovaly do té doby bezprecedentním krokem. Cílek (2008, s. 39) podotýká, „Na setkání OPEC ve Vídni v září a říjnu 1973 bylo rozhodnuto o zvýšení cen ropy o 70 %. Šlo o pokus potrestat USA a evropské státy za podporu Izraele v jomkimpurové válce. V prosinci téhož roku bylo rozhodnuto o dalším zvýšení cen a ropném embargu pro USA a Nizozemsko.“

Důsledkem těchto kroků došlo k výraznému zvýšení ceny ropy, v roce 1974 se hodnota jednoho barelu zvýšila čtyřnásobně, z 3 USD na 12 USD. Doprovodným makroekonomickým jevem se stala výrazná inflace a ztráta výkonnosti ekonomik. Výrazný nárůst cen ropy měl za následek celosvětovou recesi, kterou pocítili obyvatelé mnoha zemí. Například v Dánsku, Lucembursku nebo Švýcarsku došlo k omezení dopravy a létání, v Nizozemsku hrozil trest vězení tomu, kdo překročil povolený poměr elektrické energie a ve Švédsku byl vytvořen přidělový systém benzinu a topných olejů.

Ropné embargo skončilo roku 1974. Cena ropy se stabilizovala, a následujících pět let byla zaznamenána v intervalu mezi hodnotami 12,52 až 14,57 USD za barel. Země organizace OPEC díky své politice vydělaly přes 80 mld. USD a svět si uvědomil, jak je na ropě závislý. Pro představu Německo dováželo ropu z 55 % ze zemí organizace OPEC. Proto započalo

hledání nových nalezišť ropy a vytvoření nových strategických programů, jako Global Strategic Petroleum Reserves.

### **2.6.2 Druhý ropný šok**

Jak již bylo výše zmíněno, do roku 1979 se cena ropy pohybovala na stabilní hladině. Ke změně však došlo v roce 1979 a stejně, jako v případě prvního ropného šoku, byl příčinou politický faktor.

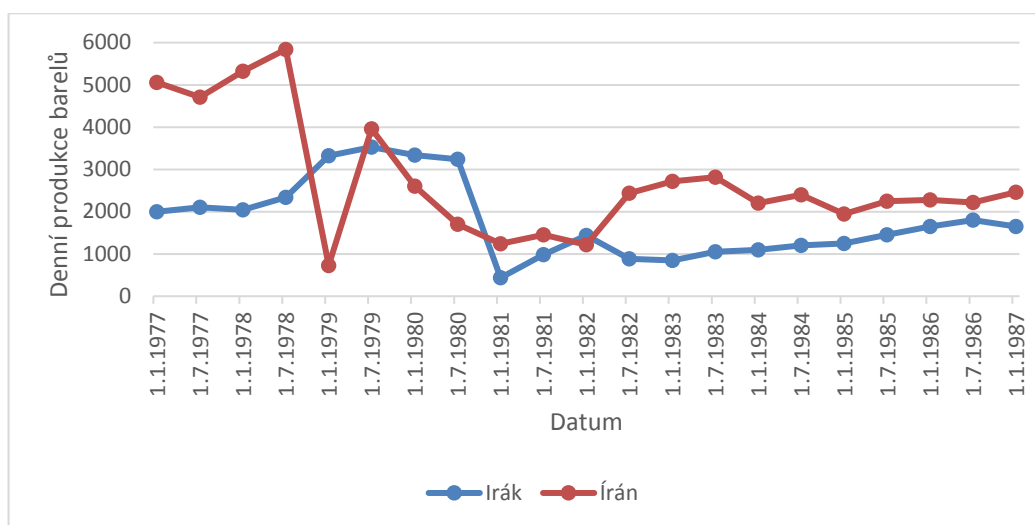
Maugeri (2006, s. 126) říká, „V roce 1979 došlo v Íránu k politickému převratu. Tehdejší proamerický šáh Páhlaví byl svržen a vyhnán ze země. Novým diktátorem se jmenoval Ajatoláh Khomeini. Následné protesty narušily íránský ropný sektor, produkce a vývoz byly téměř pozastaveny, denní produkce ropy se v první polovině roku 1979 průměrně snížila o 2-2,5 milionu barelu ropy.“

Na vzniklou situaci se snažily zareagovat ostatní členské státy OPEC, které chtěly zvýšit nabídku ropy a tím kompenzovat výpadky ropy z Íránu. Díky této snaze došlo k pouhému poklesu exportu ropy o 4 %. Přesto však na trzích zavládla panika, mnoho států ještě nezapomnělo na předchozí ropný šok a cena vystřelila vzhůru mnohem více, než by odpovídalo závažnosti této situace.

V následujícím roce 1980 napadl Irák, vedený Saddámem Husajnem, válkou oslabený Írán. Tato válka trvala následujících 8 let až do srpna 1988. Taktika obou států byla jednoznačná, co nejvíce zamezit svému protivníkovi ve vývozu ropy, a tím jej co nejvíce ekonomicky oslabit. Export ropy zmíněných zemí značně kolísal, v listopadu roku 1980 byla společná íránsko-irácká produkce pouhý 1,5 milion barelů denně. Pro srovnání, v roce 1978 to bylo téměř 8 milionů barelů denně. Tato skutečnost se výrazně projevila na ceně ropy, v roce 1981 stál barel ropy více, než dvojnásobek roku 1978. Blíže je íránská a irácká produkce vyobrazena v Grafu 2.3



**Graf 2.3 Export ropy Íránů a Iráku (v tis. barelech denně)**



*Zdroj: Vlastní zpracování dle BP Statistical Review of World Energy 2016*

Posléze však došlo k oslabení poptávky po ropě. Státy si již uvědomovaly svou závislost na exportérech ropy, a také nestabilitu arabských zemích. Trendem se stalo efektivnější spotřebování ropy. Zmíněnou situaci je možno vidět i v poklesu cen ropy v dalších letech. V období od listopadu 1985 do července 1986 je dokonce zaznamenána první ropná recese. Příčinu lze spatřit v přezásobení ropou, což způsobilo pokles ceny o více jak polovinu své hodnoty.

### 2.6.3 Válka v Perském zálivu

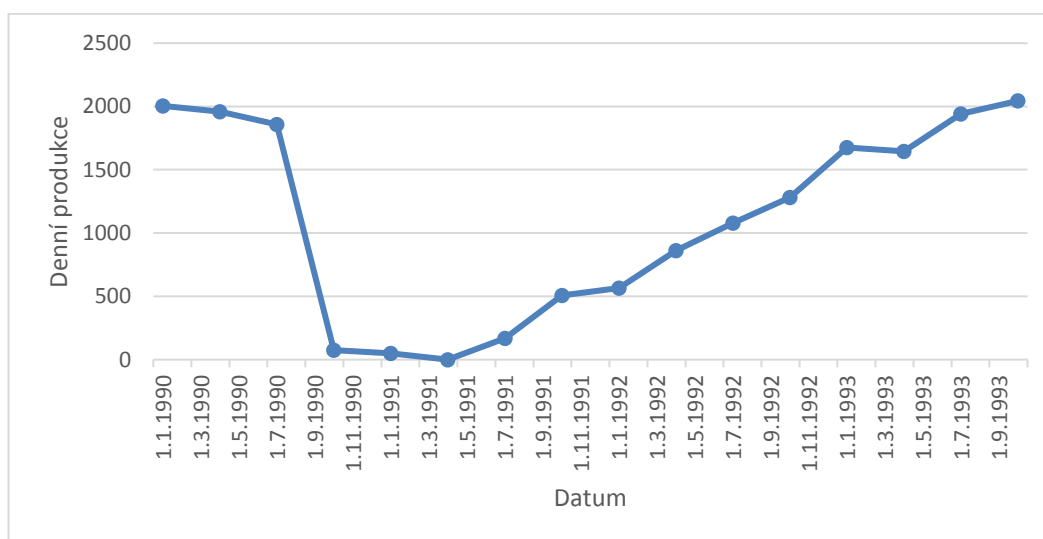
Za další historický milník, který způsobil zvýšení ceny ropy, je považována válka v Perském zálivu. Stejně jako první ropný šok, i za touto událostí lze hledat ekonomické i politické příčiny. Jak Maugeri (2006, s. 146) praví, „Problém lze vidět ve vyčerpanosti irácké ekonomiky po předchozí válce. Tento problém se snažil vyřešit diktátor Saddám Husajn co nejvyšším vývozem ropné produkce. Irák však limitovala nařízení společenství OPEC v nastavení maximálních kvót pro vývoz. Problém však spočíval v Kuvajtu, který nedodržel normy, svévolně zvyšoval nabídku ropy a tímto důvodem způsobil snížení ceny komodity o 3 USD za barel.“

Snaha Iráku o vyřešení problému byla neúspěšná. Následné provokace, kdy Husajn požadoval odškodnění ve výši 2,4 miliard dolarů, Kuvajt odmítl, a tak dne 2. srpna 1990 vpadla irácká vojska na území Kuvajtu a brzy jej obsadila. Na tento vývoj událostí ihned zareagovala OSN, která zavedla přísné sankce vůči Iráku vedoucí k téměř obchodnímu embargu. Kromě léků a některých potravin byl veškerý dovoz zakázán. Další požadavek OSN vedl

k bezpodmínečnému stažení vojsk z Kuvajtu, což Irák neuposlechl. Za těchto okolností začala operace Pouštní bouře. Ta skončila úspěšně v únoru roku 1991, kdy byl Kuvajt osvobozen.

Zmíněný konflikt ovlivnil cenu ropy. V roce 1990 došlo k výraznému nárůstu ceny ropy, v tehdejších cenách se jednalo o 5 USD za barel. Zvýšení ceny ropy lze přisoudit poklesu ropné nabídky zemí zapojených do konfliktů, obzvláště pak Kuvajtu. V některých měsících roku 1991 dokonce došlo k situaci, že ropná produkce Kuvajtu byla nulová. Produkce ropy Kuvajtu je vyobrazena v Grafu 2.4.

**Graf 2.4 Ropná produkce Kuvajtu (v tis. barelech denně)**



*Zdroj: Vlastní zpracování dle BP Statistical Review of World Energy 2016*

V následném roce však lze říci, že se země organizace OPEC chopily své příležitosti a zvýšily svou produkci ropy. Tímto krokem došlo k postupnému snížení ceny ropy. Pokles ceny byl velmi výrazný, v roce 1994 byla tehdejší cena ropy za jeden barel na nejnižší hodnotě za posledních dvacet let. Období relativně nízkých cen ropy panovalo až do roku 1996.

#### **2.6.4 Asijská krize**

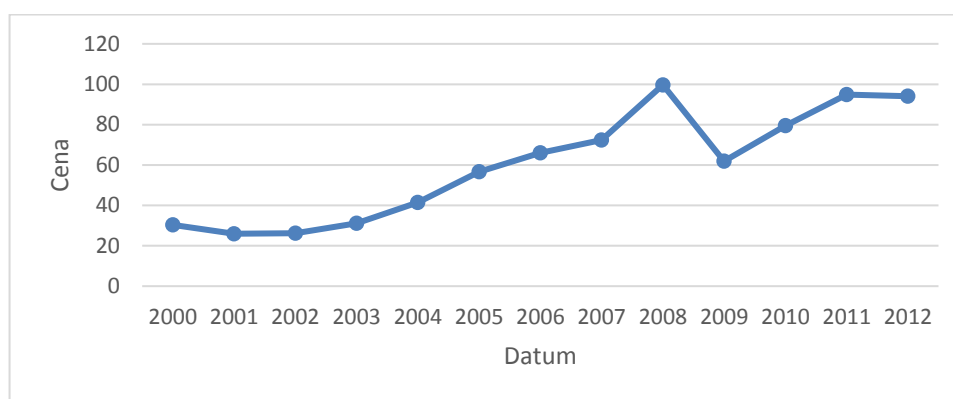
Od roku 1997 opět došlo k určité nestabilitě na trhu s ropou. Hlavní faktor je přisuzován asijským zemím, které postihla krize v období 1997 – 2000. Obecně lze říci, že došlo ke světovému prozření vůči tzv. asijským tygrům, mezi které patří např. Jižní Korea, Tchajwan atd. Zmíněné země vykazovaly několik let po sobě výrazné růsty HDP, čímž přitahovaly pozornost i neasijských investorů. Ti však nevěnovali pozornost varovným signálům, že tehdejší hodnoty se pohybují naprosto mimo realitu. V tento moment lze vidět chybu i ve špatně načasované politice OPEC, kdy od 1. 1. 1998 došlo k navýšení spotřební kvóty o 2,5 mil. barelů denně. V procentním vyjádření se jednalo o nárůst v hodnotě 10 % produkce proti předchozímu

roku. Na trhu s ropou došlo k výraznému snížení ceny, v nominálním vyjádření došlo ke snížení z 19 \$ na 12 \$. OPEC si brzy uvědomil svou chybu. Jak praví Černoch (2012, s. 93), „Situace se na konci 90. let změnila. Mexiko a státy OPEC, nespokojené s nízkými cenami ropy na světovém trhu, se dohodly na omezení dodávek, což mělo se současně rostoucí poptávkou za následek růst cen v letech 1999 a 2000.“

## 2.6.5 21. století

V Grafu 2.5 je zobrazen vývoj cen ropy od roku 2000.

**Graf 2.5 Cena ropy WTI v období od roku 2000 (v USD)**



*Zdroj: Vlastní zpracování dle dat EIA*

Po východoasijské krizi je možné vidět opětovný nepatrný pokles cen. Jeden z důvodů lze přisoudit rozhodnutí OPEC zvýšit nárůst produkce o 1 milion barelů denně a také mírným zvýšením produkce nečlenských států OPEC. Tato situace však neměla mít dlouhého trvání. Po mírném snížení došlo k propnutí dvou skutečností, kdy země OPEC začaly opět snižovat těžbu s cílem zvýšit cenu ropy. Avšak na straně druhé došlo v USA k prasknutí internetové bubliny a Spojeným státům hrozil propad svého hospodářství do recese. Cena ropy se díky zmíněným okolnostem fluktovala okolo hodnoty 25 \$ za barel.

Tato skutečnost však byla porušena dne 11. září 2001, kdy důsledkem teroristických útoků zavládla na trzích nejistota a nervozita, která se odrazila i na ceně ropy. Teroristický útok nastartoval krizi leteckého průmyslu, který je považován za velmi významného odběratele ropných produktů. Na tehdejší situaci ihned na začátku roku 2002 zareagovala organizace OPEC a opětovně snížila těžební kvóty. Tento krok způsobil návrat ceny ropy k hranici 25 USD za jeden barel.

V roce 2003 došlo k výraznému nárůstu ceny ropy. Maugeri (2006, s. 185) podotýká, „Druhotným efektem teroristických útoků bylo zhoršení politické situace mezi USA a Irákem. Napjatá situace vyústila ve válku, která započala v březnu roku 2003, kdy prezident George

Bush vyhlásil válku zemím podporující terorismus. Nepříznivá mezinárodní situace napomáhala vzrůstu ropy.“

Avšak od roku 2003 je možno vysledovat i jiné trendy ovlivňující cenu ropy. Již nelze hovořit pouze o dominujícím vlivu producentů ropy z organizace OPEC. Tento vliv byl překonán výrazně vzrůstající poptávkou po ropě největšími světovými spotřebiteli, jako jsou Čína, USA a po východoasijské krizi také asijské státy. K zvyšující se poptávce po ropě přispěla také příznivá ekonomická situace, do které se USA a ostatním státům podařilo zařadit. Tento vliv tlačil na státy produkující ropu k navyšování svých kapacit. Pouze v roce 2004 nařídil OPEC zvýšit svou produkci o 3 miliony barelů denně. Pravidelné navyšování produkce však poukázalo na jiný problém, a to že kapacity těžby nejsou neomezené a jedinou zemí, která byla schopna reagovat na prudký nárůst poptávky po ropě, byla Saudská Arábie.

Růst ceny ropy pokračoval až do roku 2007. Za další faktory tlačící cenu ropy vzhůru je možno považovat hurikán Katrina v roce 2006 a ostatní bouře v Mexickém zálivu, které zavinily uzavření některých rafinérií v USA, a také oslabování dolaru vůči ostatním měnám.

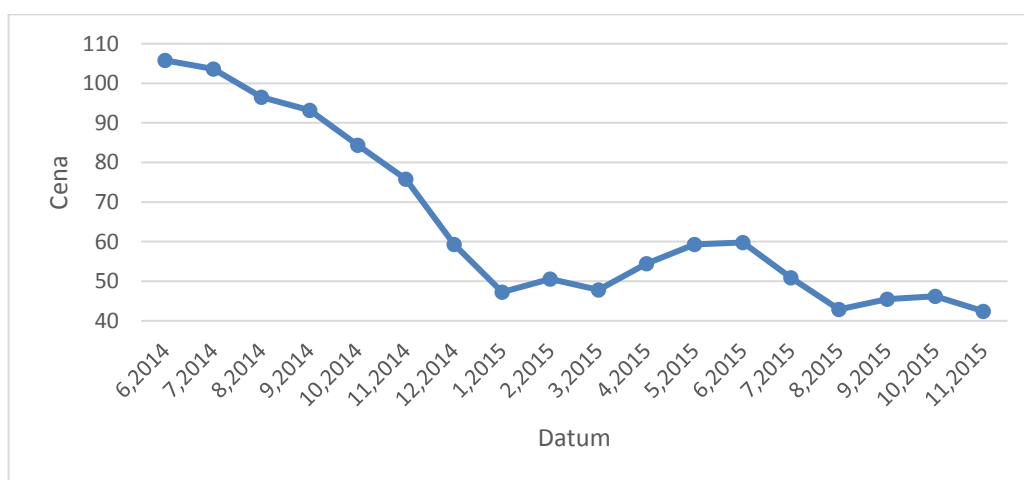
Další převratný zlom je na komoditních trzích vidět v letech 2007 a 2008, kdy došlo k vypuknutí tzv. Hypoteční krize. Situace, jež nastala, se někdy označuje jako třetí ropný šok. V té době již velmi vysokou poptávku po ropě znásobil výrazný ekonomický růst Číny a Indie, což vyvolalo ještě větší tlak na zvýšení poptávky po ropě. Do této situace zasáhla americká hypoteční krize. Jelikož krize způsobila výrazný pokles cen akcií a nemovitostí, mnoho institucionálních investorů se přeměrovalo na komoditní trhy. Tento jev způsobil další nárůst ropy, kdy cena za jeden barel se v roce 2008 vyšplhala až k úrovni 150 USD za barel. Tato cena byla však naprosto vzdálená od reality, ropa byla silně nadhodnocena. V druhé polovině roku 2008 lze říci, že bublina na komoditních trzích praskla, došlo k určité korekci a návratu cen k původním hodnotám. Pokles ceny ropy přesáhl 60 % tehdejší hodnoty, kdy v závěru roku se obchodovalo na úrovni 50 USD za barel.

Na výrazný propad cen se stejně jako v minulosti rozhodly zareagovat země sdružené v OPEC snížením produkce ropy. Zmíněné opatření vedlo k opětovnému růstu cen. Cena komodity se v roce 2009 blížila k hodnotě 80 USD za barel. Růst cen lze vidět i v dalších letech. V roce 2011 došlo k občanskému převratu v Libyi, který znamenal přerušení vývozu ropy. Syrská krize zapříčinila opět na komoditním trhu nejistotu a nervozitu, od roku 2011 se cena ropy za barel vrátila nad hodnotu 100 \$.

### 2.6.6 Současnost

Zlom v ceně ropy je možno vidět v polovině roku 2014. V té době se jeden barel ropy obchodoval téměř za 115 USD. Náhlý propad byl opětovně velmi výrazný, cena ropy se za následujících 18 měsíců snížila na pouhou třetinu své hodnoty. Podrobnosti jsou zaznamenány v Grafu 2.6.

Graf 2.6 Cena ropy WTI v období 2014 – 2015 (v USD)



*Zdroj: Vlastní zpracování dle dat EIA*

Důvodů, které způsobily takto výrazný pokles ceny ropy na komoditních trzích, je několik. Hlavní důvod lze pozorovat na straně nabídky. Do trhu těžebních společností významně zasáhla USA s těžbou v oblasti alternativní těžby z břidlic. O významnosti nové technologie těžby svědčí skutečnost, že těžba ropy v USA se mezi roky 2011 – 2015 více než zdvojnásobila. Na tuto skutečnost zareagovala Saúdská Arábie, která ve snaze udržet svůj podíl na trhu výrazněji otevřela ropné kohoutky. Ostatní státy z organizace OPEC ji posléze následovaly, což znamenalo razantní zvýšení nabídky ropy na trzích. Navíc je zřejmá snaha OPEC udržet si své postavení všemi silami a nadprodukcí ropy donutit americké těžaře uzavřít břidlicovou těžbu. Náklady na těžbu z břidlice jsou totiž vyšší než náklady na klasickou konvenční těžbu. Další faktor, který přispěl ke snížení cen, je možné vidět v organizaci OPEC. Zde je možno pozorovat vnitřní pnutí, kdy zvláště Saudská Arábie se chovala na trhu s ropou, jak uznala sama za vhodné, bez ohledu na společenství, jehož je součástí. Toto tvrzení Saudská Arábie potvrdila na Vídeňské schůzi v listopadu roku 2014, kdy jako jediná země nepodpořila zásah proti nízkým cenám komodity.

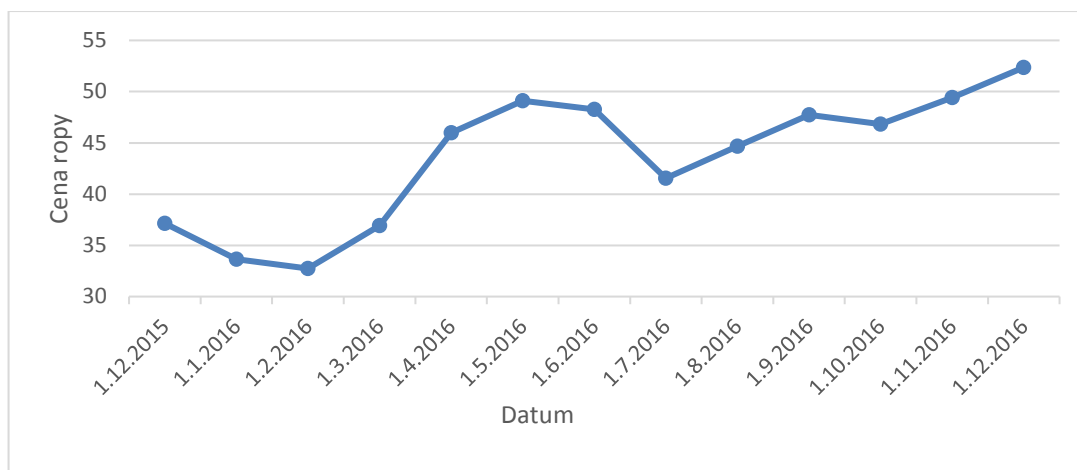
Co se týče poptávky po ropě, od roku 2014 je možno mluvit o mírném snížení. Hlavní důvod se přisuzuje větší snaze a ekologizaci dopravy a snižování spotřeby v dopravních

prostředcích. Poptávka po černém zlatě klesla v Asii a Evropě, hlavně díky Německu a Číně. Obecně lze tedy říci, že od roku 2014 nabídka ropy převýšila ropnou poptávku.

### 2.6.7 Rok 2016

V roce 2016 došlo na trhu ropy k odražení od cenového dna. Otevírací cena 1. 1. 2016 byla v hodnotě 37,13 USD za barel. Vývoj ceny ropy je vyobrazen v Grafu 2.7.

Graf 2.7 Cena ropy WTI na konci roku 2015 a v roce 2016 (v USD)



Zdroj: Vlastní zpracování dle dat EIA

Na počátku roku 2016 je možno vidět další propad, až k hodnotě 30 \$ za barel. Tato situace ovlivnila chování investorů, kdy ropný trh po snížení zachvátila panická vlna výprodeje. Vzrůstající cenový trend začal od února. Byl způsoben spekulacemi investorů na další pokles ropy a také slib Saudské Arábie ostatním zemím OPEC o dohodě nad snížením světové produkce. K tomu došlo 30. 11. 2016, kdy se zástupci Organizace zemí vyvážejících ropu dohodly na snížení těžby o 1,2 milionu barelů na 32,5 miliony barelů. Důsledkem rozhodnutí mělo být zvýšení ceny ropy, které již bylo možno vysledovat po oznámení této zprávy. Dne 31. 12. 2016 se ropa obchodovala za 52,36 USD za barel.

## 2.7 Vymezení modelu

Tato část práce je zaměřena na vymezení a nadefinování zkoumání a testování reálných dat z důvodu vytvoření regresního modelu ropného trhu. Pomocí modelu je možno objasnit a kvantifikovat vliv dílčích faktorů na cenu ropy.

Základní metoda, použita pro regresní model, je metoda nejmenších čtverců. Výstupem je posléze rovnice přímky. Aby bylo možno vytvořit zmíněnou přímku, je nutno posoudit základní předpoklady statistické a ekonomické verifikace.

### 2.7.1 Formulace lineárního regresního modelu

Ještě, než je možno přistoupit k verifikacím modelu, je potřeba formulovat rovnici lineárního regresního modelu. Lineární model lze formulovat v obecném tvaru:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_1 + \dots + \beta_k \cdot X_k + u_i \text{ kde,} \quad (2.1)$$

$Y_i$  označuje vysvětlovanou (závislou) proměnnou,

$\beta_0$  představuje úroňovou konstantu,

$\beta_1$  znázorňuje regresní parciální koeficient, který vyjadřuje změnu střední hodnoty  $Y$  na jednotku  $X_1$ , za předpokladu „ceteris paribus“ (tzn. nijak nezměněných okolností),

$X_1$  představuje vysvětlující (nezávislou) proměnnou,

$\beta_k$  označuje regresní parciální koeficient, který představuje změnu střední hodnoty  $Y$  na jednotku  $X_k$ , za předpokladu „ceteris paribus“ (tzn. nijak nezměněných okolností),

$X_k$  vyjadřuje vysvětlující (nezávislou) proměnnou,

$u_i$  představuje náhodnou složku.

### 2.7.2 Analýza vstupních časových řad

Ještě, než je možno přejít k verifikaci modelu, je třeba analyzovat vstupní časové řady. Při zkoumání časových řad je pozornost zaměřena na výskyt chybějících hodnot v datovém souboru, a také na posouzení stacionarity proměnných.

#### Analýza chybějících hodnot

První věcí nezbytnou v další práci s grafy, je posoudit chybějící hodnoty. Při zjištění této situace je potřeba na základě testovacích statistik vybrán nejvhodnější způsob náhrady. Pro nahrazení chybějících hodnot lze využít ve statistických softwarech mnoho možností, všechny vychází ze základního vztahu,

$$p(x) = \frac{f(x_1) - f(x_0)}{x_1 - x_0}, \quad (2.2)$$

kde  $p(x)$  představuje chybějící hodnoty,  $f(x_1)$  funkční hodnotu prvního členu a  $f(x_0)$  funkční hodnotu druhého členu.

#### Analýza odlehlých hodnot

Další důležitou částí je prověření časových řad z důvodu nalezení extrémních hodnot. Otestování řad proběhne pomocí tzv. boxplotu neboli krabičky s vousy. Tato grafická metoda vykresluje medián, první a třetí kvartil, a také vousy, které představují 1,5násobek hodnoty prvního a třetího kvartilu.

Pokud se hodnoty nenacházejí ani v oblasti vousů, jsou zobrazeny jako odlehlé. Hodnoty odlehlé, obvykle označovány v grafu kolečkem, není třeba nahradit. Avšak hodnoty extrémně odlehlé, označené obvykle hvězdičkou, již je třeba nahradit, jelikož při jejich použití by došlo ke zkreslení časové řady i následného dalšího postupu.

### **Dekompozice časových řad**

Klasický pohled na ekonomické časové řady vychází ze základní myšlenky, že časovou řadu lze rozdělit na čtyři složky, a to trendovou, cyklickou, sezónní a nesystematickou. Dekompozici je vhodné provést, jelikož při rozkladu časové řady je snadnější a přesnější identifikovat postupné chování dílčích složek než u časové řady.

Arlt (2002, s. 20), popisuje zmíněné složky následujícím způsobem, „Trendová složka ( $T_t$ ) vyjadřuje dlouhodobou tendenci vývoje zkoumaného jevu. Je výsledkem faktorů, které působí dlouhodobě stejným směrem, cyklická složka ( $C_t$ ) vyjadřuje kolísání okolo trendu, ve kterém se střídají fáze růstu a poklesu. Jednotlivé cykly se vytvářejí za delší období než jeden rok a mají nepravidelný charakter, tedy různou délku a amplitudu, sezónní složka ( $S_t$ ) vyjadřuje pravidelné kolísání okolo trendu v rámci jednoho kalendářního roku. Sezónní výkyvy se opakují každoročně ve stejných obdobích, kdy délka periody je jeden rok a nesystematická složka ( $\varepsilon_t$ ) vyjadřuje nahodilé a jiné nesystematické výkyvy, ale také chyby měření apod.“

Při zjištění sezónnosti je vhodné nesystematickou složku odstranit. Vhodné jsou dvě metody, aditivní a multiplikativní.

O aditivní metodě Arlt (2002, s. 20) říká, „Hodnoty časových řad se dají určit jako součet hodnot jednotlivých složek. Jednotlivé složky časové řady jsou ve stejných měrných jednotkách jako původní časová řada. Aditivní dekompozice je vhodná pro případ, že variabilita hodnot časové řady je v čase konstantní.“

Aditivní metodu lze zapsat následující rovnicí,

$$Y_t = T_t + S_t + C_t + \varepsilon_t. \quad (2.3)$$

Pro multiplikativní metodu definuje Arlt (2011, s. 20), „Základní odlišnost je v součinu hodnot jednotlivých složek. Pro multiplikativní dekompozici je trendová složka časové řady ve stejných jednotkách jako časová řada původní, avšak ostatní složky jsou v relativním vyjádření. Multiplikativní dekompozici je vhodné použít při změně variability časové řady v čase.“

Multiplikativní metoda je použita dle vztahu,

$$Y_t = T_t \cdot S_t \cdot C_t \cdot \varepsilon_t. \quad (2.4)$$



## 2.8 Vymezení statistické verifikace

Statistická verifikace slouží k určení statistické významnosti modelu. Významnost modelu jako celku testuje F-test, významnost jednotlivých koeficientů je provedena podle T-testu.

### T-test

Zmíněný test stanovujeme na hladině pravděpodobnosti  $\alpha$  5 %. Základní předpoklad říká, že reziduální složka má rozdělení normální, tedy,

$$u_t \approx N(0, \sigma^2). \quad (2.5)$$

Pro T-test je potřeba stanovit hypotézy,

$$H_0: \beta_i = 0 \text{ } (\beta_i \text{ koeficient je statisticky nevýznamný}),$$

$$H_A: \beta_i \neq 0 \text{ } (\beta_i \text{ koeficient je statisticky významný}).$$

$$t_{vyp} = \frac{\hat{\beta}_i - \beta_i}{\sigma_{\hat{\beta}_i}} = \frac{\hat{\beta}_i}{\sigma_{\hat{\beta}_i}} \sim t(df), \quad (2.6)$$

### F-test

Druhý z testů, který bude proveden, je F-test. Tento test se stanovuje na hladině 5 % významnosti  $\alpha$ . Zásadním předpokladem je, že reziduální složka má normální rozdělení, tedy

$$u_t \approx N(0, \sigma^2). \quad (2.7)$$

Princip testu spočívá v porovnání tzv. kritické hodnoty s vypočtenou hodnotou. Je proto nutné pro daný F-test stanovit hypotézy,

$$H_0: \beta_2 = \dots = \beta_k = 0,$$

$$H_A: \beta_2 \neq 0 \vee \dots \vee \beta_k \neq 0.$$

Abychom potvrdili hypotézu  $H_0$  je třeba přidat ještě jeden předpoklad,

$$F_{vyp} = \frac{\frac{ESS}{df_1}}{\frac{RSS}{df_2}} = \frac{\frac{ESS}{k-1}}{\frac{RSS}{n-k}} \sim F_{\alpha}(k-1; n-k) = F_{krit}, \quad (2.8)$$

kde  $ESS$  představuje hodnotu čtverců vysvětlujících modelem,  $RSS$  reziduální sumu čtverců,  $df_1$  počet parametrů úrovně konstanty,  $df_2$  počet pozorování minus počet parametrů,  $n$  je počet pozorování a  $k$  počet parametrů.

## 2.9 Ekonomická verifikace

Pomocí ekonomické verifikace dochází ke kontrole podmínek a předpokladů, které jsou důležité z důvodu výběru co nejvhodnějšího vícerozměrného regresního modelu. Dle Hančlové

(2012, s. 80) jsou základní předpoklady ekonometrického modelu, „Vysvětlující proměnná  $X_i$  je nestochastická, střední hodnota náhodné složky  $u$  je 0, tj.  $E(u_i/X_i) = 0$ , rozptyl náhodné chyby  $u_i$  je konečný a konstantní tj.  $var(u_i/X_i) = E(u_i^2/X_i)$ . Za další předpoklad je možno považovat nekorelovanost náhodné složky, tedy  $cov(u_i; u_j/X_i; X_j) = E(u_i/X_i)(u_j/X_j) = 0$ , dále kovariance mezi  $u_i$  a  $X_i$  je nulová, tudíž  $cov(u_i/X_i) = E(u_i/X_i) = 0$ . Co se týče náhodné složky, ta má normální rozdělení  $u_i \sim N(0, \sigma^2)$ . Správnou specifikaci regresního modelu je možno vidět jako poslední základní předpoklad.“

K potvrzení výše zmíněných předpokladů je potřeba zmíněné předpoklady otestovat. Prověření modelu na autokorelaci, heteroskedasticitu, multikolinearitu, specifikaci modelu a kontrolu normality reziduí, je přiblíženo v následující části.

### 2.9.1 Předpoklad autokorelace

První předpoklad se věnuje autokorelaci. Jak tvrdí Hančlová (2012, s. 142), „Jedná se o zkoumání sériové závislosti náhodné složky na svých zpožděných hodnotách, tedy autokorelaci reziduální složky. Základním předpokladem je otestování předpokladu vzájemné nezávislosti náhodných složek pozorování závislé činnosti.“

Greene (2008, s. 250) podotýká, „Jedná se o častou situaci časových řad. Jedním z možných vysvětlení je vynechání relevantního faktoru z regrese. Tento fakt může zpozdit sériovou korelaci proměnných v regresním modelu.“

Identifikaci autokorelace lze provést pomocí grafických analýz i testováním pomocí Durbin-Watsonova testu.

Základní grafický aparát, který je použit pro otestování autokorelace, je tzv. autokorelační funkce (ACF) a parciální autokorelační funkce (PACF).

#### Autokorelační graf (ACF)

Hančlová (2012, s. 147) jej definuje, „Jako graf vhodný pro posouzení nejen autokorelace prvního řádu, ale obecně řádu  $p$ . Jedná se o graf, který vykreslí korelační koeficienty  $r_p$  pro lineární závislost, kde na ose y je  $r_p$  a na ose x je řád  $p$ .“

Vzorec pro vypočtení závislosti lze vyjádřit jako,

$$cor(\hat{u}_t, \hat{u}_{t-p}) = r_p = \frac{\sum_{t=p+1}^n (\hat{u}_t - \bar{u})(\hat{u}_{t-p} - \bar{u})}{\sum_{t=1}^n (\hat{u}_t - \bar{u})^2} \quad p = 0, 1, 2, \dots, \quad (2.9)$$

kde  $r_p$  představuje korelační koeficient pro lineární závislost,  $\hat{u}_t$  reziduální složku a  $\bar{u}$  značí střední hodnotu.

### Parciální autokorelační graf

Tento graf porovnává řád  $p$  s parciálním koeficientem  $r_p$ . Oproti předchozímu grafu ACF je zde změna, a to, že koeficient  $r_{pp}$  je očištěn od všech autokorelací mezi nimi. Vzorcem lze tuto situaci vyjádřit způsobem,

$$cor(\hat{u}_t, \hat{u}_{t-1}), cor(\hat{u}_t, \hat{u}_{t-2}), \dots, cor(\hat{u}_t, \hat{u}_{t-p+1}). \quad (2.10)$$

### Durbin Watsonův test

DW test slouží ke zjištění, zda v modelu existuje autokorelace prvního řádu. Oproti grafickým metodám se jedná o sofistikovanější metodu zjištění autokorelace prvního řádu.

Obecný model DW testu pro model je zaznamenán ve vyjádření,

$$Y_t = \beta_1 + \beta_2 X_{2t} + \dots + \beta_k X_{kt} + u_t, t = 1, \dots, n. \quad (2.11)$$

V dalším kroku je třeba stanovit hypotézy,

$$H_0: \rho=0 \text{ (autokorelace 1. řádu neexistuje),}$$

$$H_1: \rho \neq 0 \text{ (autokorelace 1. řádu existuje).}$$

Pro uskutečnění testu je třeba ještě nadefinovat d-statistiku,

$$d \sim 2 \cdot (1 - \hat{\rho}). \quad (2.12)$$

Po nadefinování d-statistiky si ještě nadefinujeme  $d_{vyp}$ ,

$$d_{vyp} = \frac{\sum_{t=1}^n \hat{u}_t - \hat{u}_{t-1}}{\sum_{t=1}^n \hat{u}_t^2}. \quad (2.13)$$

Poté již lze přistoupit k vysvětlení kritických hodnot. Kritické hodnoty  $d_L$  a  $d_U$  jsou určeny z nadefinovaných dat, z nichž se určí hraniční body. Pokud bude hodnota náležet do intervalu, který vznikne, v modelu není autokorelace prvního řádu.

### Zmírnění autokorelace

V této části jsou vymezeny základní postupy, díky nimž lze snížit hodnotu sériové závislosti v modelu. Mezi tyto možnosti patří přidání trendové proměnné, přidání zpožděné vysvětlované proměnné a tzv. Cochrane-Orcutt metoda.

Při přidání trendové proměnné je lineární rovnice modelu v tomto znění,

$$Y_t = \beta_1 + \beta_2 X_{2t} + \dots + \beta_k \cdot trend + u_t, t = 1, \dots, n. \quad (2.14)$$

Při přidání zpožděné vysvětlované proměnné lze rovnici modelu zapsat ve tvaru,

$$Y_t = \beta_1 + \beta_2 X_{2t} + \dots + \beta_k \cdot Y_{t-1} + u_t, t = 1, \dots, n. \quad (2.15)$$

U varianty zpožděné vysvětlované proměnné nelze posouzení autokorelace provést podle DW testu. Z tohoto důvodu je potřeba nadefinovat tzv. Durbinův modifikovaný asymptotický test.

Pro daný test je opět třeba stanovit hypotézy,

$H_0: \rho=0$  (neexistuje autokorelace prvního řádu),

$H_1: \rho \neq 0$  (v modelu existuje autokorelace prvního řádu).

Pro platnost hypotézy  $H_0$  je h-statistika nadefinována jako,

$$h = (1 - 0,5 \cdot DW) \cdot \sqrt{\frac{n}{1 - n \cdot \widehat{\sigma}_{\beta_{Y_{t=1}}}^2}} \sim N(0,1), \quad (2.16)$$

kde  $\widehat{\sigma}_{\beta_{Y_{t=1}}}^2$  je odhad koeficientu u zpožděné proměnné.

Rozhodovací pravidlo u Durbinova modifikovaného asymptotického testu zní, když je  $|h| > z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ , tak zamítáme  $H_0$  na hladině významnosti  $\alpha$ . Hranice pro  $|h|$  statistiku jsou stejné, jako u normálního rozdělení v intervalu (-1,96;1,96).

Poslední zmíněná metoda je Cochrane-Orcutt metoda. Jedná se o specifitější metodu odstranění autokorelace. Jak praví Hančlová (2012, s. 151), „Její podstata je založena na vygenerování reziduí ( $u_t$ ) k jednotlivým vysvětlujícím proměnným při metodě nejmenších čtverců. Od reziduí posléze odečteme chybu, která je způsobená korelací ( $\rho$ ). Přičemž pokaždé, když provádíme další pokus, snižujeme počet pozorování o jedno.“

Tento jev lze vyjádřit vzorcem,

$$\hat{u}_t = \rho \cdot \hat{u}_{t-1} + \varepsilon_t. \quad (2.17)$$

Pro zmíněný postup bereme v úvahu nijak neupravenou rovnici modelu, kterou následně přetransformujeme. Transformace modelu vypadá následovně:

$$\rho Y_{t-1} = \rho \beta_1 + \rho \beta_2 \cdot X_{2t-1} + \dots + \rho \beta_k \cdot X_{kt-1} + u_{t-1} \quad (2.18)$$

Poté transformovanou rovnici odečteme od rovnice původní a po úpravě je tvar následující:

$$Y_t - Y_{t-1} = \beta_1(1 - \rho) + \beta_2 \cdot (X_{2t} - \rho X_{2t-1}) + \dots + \beta_k \cdot (X_{kt} - \rho X_{kt-1}) + u_t - \rho u_{t-1}. \quad (2.19)$$

## 2.9.2 Heteroskedasticita

Další předpoklad nutný k fungování modelu je věnován heteroskedasticitě. V modelu je třeba prokázat, že v něm heteroskedasticita neexistuje. Jak definuje Hill (2012, s. 299),

„V případě, kdy rozptyly pro všechny pozorování nejsou stejné, lze říci, že heteroskedasticita existuje. Jinými slovy, když náhodná proměnná  $X$  a náhodná chyba jsou různorozptylné je v modelu zaznamenána heteroskedasticita.“

Pro otestování modelu pro přítomnost heteroskedasticity je využit White test.

### White test

Jedná se o test, který sestojíme na základě regresní analýzy. Ze zkoumaného modelu je třeba si stanovit rezidua. Ta jsou v následujících krocích ozřejměna vysvětlujícími proměnnými a rozšířena dalšími parametry,  $X_1^2$ ,  $X_2^2$  a  $X_1X_2$ . Po rozšíření vznikne tato rovnice v obecném tvaru,

$$\hat{u}_i^2 = \lambda_0 + \lambda_1 \cdot X_{1i} + \lambda_2 \cdot X_{2i} + \lambda_3 \cdot X_{1i}^2 + \lambda_4 \cdot X_{2i}^2 + \lambda_5 \cdot X_{1i} \cdot X_{2i} + \varepsilon_i. \quad (2.20)$$

Po sestavení modelu je třeba vytvořit hypotézy, konkrétně,

$$H_0: \lambda_2 = \lambda_3 = \lambda_4 = \dots = \lambda_p = 0 \text{ (homoskedasticita),}$$

$$H_1: \lambda_2 \neq 0 \text{ nebo } \lambda_3 \neq 0 \text{ nebo } \lambda_4 \neq 0 \text{ nebo } \lambda_p \neq 0 \text{ (heteroskedasticita).}$$

Za platnosti hypotézy  $H_0$  platí,

$$\chi_{vyp}^2 = n \cdot R^2 \sim \chi^2(df), \quad (2.21)$$

kde  $df$  vyjadřuje počet parametrů bez úrovnové konstanty,  $n$  počet pozorování,  $R^2$  koeficient determinace v modelu.

Rozhodovací pravidlo pro zamítnutí hypotézy  $H_0$  zní, když  $\chi_{vyp}^2 = n \cdot R^2 > \chi^2(df)$ , tak zamítáme nulovou hypotézu na hladině  $\alpha$ .

### 2.9.3 Multikolinearita

Další z nutných předpokladů je zaznamenán jako závislost vysvětlujících proměnných navzájem mezi sebou, jemuž se říká multikolinearita. Je žádoucí, aby zmíněná závislost byla co nejmenší.

Pro otestování modelu na multikolinearitu lze použít korelační matici vysvětlujících proměnných zahrnující párovou korelaci. K ověření závěru multikolinearity je možno použít míru korelovanosti.

U korelační matice platí základní skutečnost, že vyjma diagonály musí u všech prvků platit,

$$|r_{x_i, x_j}| < 0,8. \quad (2.22)$$

Jako podpůrnou statistickou metodu k ověření přítomnosti multikolinearity lze považovat míru korelovatelnosti. Konkrétně se jedná o faktor změny variability a statistiku tolerance.

Faktor změny variability je vyjádřen následujícím vzorcem,

$$VIF_i = \frac{1}{1 - R_{x_i}^2}, \quad (2.23)$$

kde  $VIF_i$  vyjadřuje faktor změny variability a  $R_{x_i}^2$  je determinační koeficient.

Žádoucí je, aby hodnota rovnice byla menší než 10. Pokud je hodnota vyšší než 10, lze hovořit o silné multikolinearitě.

Statistika tolerance vychází z předchozího faktoru změny variability, panuje mezi nimi inverzní vztah. Tuto skutečnost lze znamenat jako,

$$TOL_i = 1 - R_{x_i}^2 = \frac{1}{VIF}. \quad (2.24)$$

K dokázání neexistence multikolinearity je třeba, aby hodnota  $TOL_i$  byla větší než 0,1.

#### 2.9.4 Specifikace modelu

Další ze základních předpokladů modelu se zabývá jeho specifikací. Jak Hančlová (2012, s. 89) tvrdí, „U metody nejmenších čtverců je správná specifikace jedním ze základů. Když by nebyl model správně specifikován, můžeme se dopustit příliš velkého zjednodušení modelovaného systému a jeho vazeb.“

Greene (2008, s. 148) podotýká, „Pokud není model správně specifikován, jedná se o jednu z numerických chyb. Obvykle jsou nejběžnějšími chybami vynechání relevantní proměnné nebo zařazení nadbytečné proměnné.“

Specifikace modelu je v práci ověřena grafickým testem reziduí a Ramsey-Reset testem.

##### Grafický test

Princip grafického testu spočívá ve vykreslení vývoje reziduí. Při správné specifikaci modelu platí, že 95 % všech reziduí se nachází ve vymezeném konfidenčním intervalu.

##### Ramsey-Reset test

Ramsey-Reset test dává odpověď na otázku, zda je v modelu možný problém specifikační chyby.

Pro test je třeba stanovit základní hypotézy,

$H_0$ : regresní model je správně specifikován,

$H_1$ : regresní model správně specifikován není.

Pro ověření hypotéz jsou vytvořeny nové proměnné z modelu původního. Po vytvoření proměnných je třeba vypočítat hodnotu  $F_{\text{vyp}}$  dle vzorce,

$$F_{\text{vyp}} = \frac{\frac{R_N^2 - R_0^2}{df_1}}{\frac{1 - R_N^2}{df_2}} \sim F(df_1, df_2), \quad (2.25)$$

kde  $R_N^2$  představuje významnost nového modelu,  $R_0^2$  významnost základního modelu,  $df_1$  počet nově zavedených vysvětlujících proměnných a  $df_2$  počet pozorování nového modelu.

Rozhodovací pravidlo je vyjádřeno vztahem, když  $F_{\text{vyp}} > F_\alpha(df_1, df_2)$ , tak zamítáme  $H_0$  na hladině pravděpodobnosti  $\alpha$ .

Obecný zápis nového modelu je možno vyjádřit ve tvaru:

$$\hat{Y}_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_{1i} + \beta_2 \cdot \widehat{Y}_i^2 + \beta_3 \cdot \widehat{Y}_i^3, \quad (2.26)$$

kde  $\beta_i$  představuje jednotlivé koeficienty,  $\widehat{Y}_i$  nestandardizované predikované hodnoty původního modelu a  $X_i$  představuje hodnoty nezávislých proměnných.

## 2.9.5 Testování normality reziduí

Posledním z důležitých předpokladů nutný k otestování, je normální rozdělení náhodné složky. Normální rozdělení vyplývá ze dvou základních předpokladů, které jsou kladeny na model. Za první předpoklad lze považovat, že střední hodnota náhodné složky je nulová. Druhý předpoklad je možno formulovat ve znění, že rozptyl náhodné chyby je konstantní. Tyto dva předpoklady splňuje zmíněné normální rozdělení. Otestování proběhne nejprve histogramem reziduí a posléze KS testem.

### Histogram rozdělení četnosti reziduí

Histogram slouží k prvotnímu vizuálnímu odhadu rozdělení četností s teoretickou Gaussovou křivkou. Na ose x jsou zaznamenány intervaly, na ose y relativní četnosti reziduí. Tento grafický obrazec slouží ke zjištění, zda mají rezidua nejvyšší četnost v nule, a případně jak se odchylují od rozložení pravděpodobnosti.

### Kolmogorův-Smirnovův test

KS test je jedna ze sofistikovanějších metod matematické statistiky, která testuje, zda náhodná proměnná má předpokládané rozdělení.

Pro tento test je třeba opět stanovit dvě hypotézy,

$H_0$ : distribuční funkce rozdělení náhodného výběru odpovídá teoretické distribuční funkci očekávaného rozdělení,

$H_1$ : distribuční funkce rozdělení náhodného výběru neodpovídá teoretické distribuční funkci očekávaného rozdělení.

Za platnosti nulové hypotézy  $H_0$  je definován vztah,

$$KS = \sqrt{n} \cdot D \sim \text{teoretické rozdělení}, \quad (2.26)$$

kde  $n$  je počet pozorování a  $D$  vyjadřuje absolutní rozdíl teoretické a empirické distribuční funkce.

Rozhodovací pravidlo u KS testu zní, že když  $KS$  je větší než kritická hodnota očekávaného rozdělení na zvolené hladině  $\alpha$ , tak je možno zamítnout nulovou hypotézu na hladině významnosti  $\alpha$ .

## 2.10 Predikce modelu

Následující část je zaměřena na predikci lineárního modelu do budoucna. Predikce, jinými slovy předpověď nebo prognóza, odhaduje budoucí hodnoty na základě znalosti hodnot minulých i přítomných.

Předpovědi je možno dělit podle několika kritérií, v práci je pozornost zaměřena na rozdíl mezi predikcí ex post a ex ante, a také na rozdíl mezi bodovou a intervalovou predikcí.

Základní rozdíl mezi predikcí ex post a ex ante definuje Hančlová (2012, s. 46), „Predikce ex post představuje předpověď vysvětlované proměnné za předpokladu znalosti hodnot všech vysvětlujících proměnných s jistotou pro predikované období, naopak predikce ex ante je podmíněná předpověď, protože pro predikované období neznáme s jistotou všechny hodnoty, které odhadujeme.“

Jak již je podle názvu patrné, bodová predikce odhaduje vysvětlovanou proměnnou pomocí jedné hodnoty, intervalová predikce stanovením intervalu spolehlivosti pro hladinu významnosti. Základní princip popisuje Hančlová (2012, s. 48), „Kdy pro dané  $X_t = X_0$  odhadneme chybu predikce střední hodnoty  $E\left(\frac{Y_0}{X_0}\right) = \beta_1 + \beta_2 X_0$ . Pro daný výběrový soubor stanovíme bodový odhad této střední hodnoty metodou nejmenších čtverců pro různé výběrové soubory.“

Střední hodnota je daná vztahem,

$$E(\hat{Y}_0) = E(\beta_1) + E(\beta_2)X_0 = \beta_1 + \beta_2 X_0. \quad (2.27)$$



### 3 Charakteristika hlavních faktorů ovlivňující cenu ropy

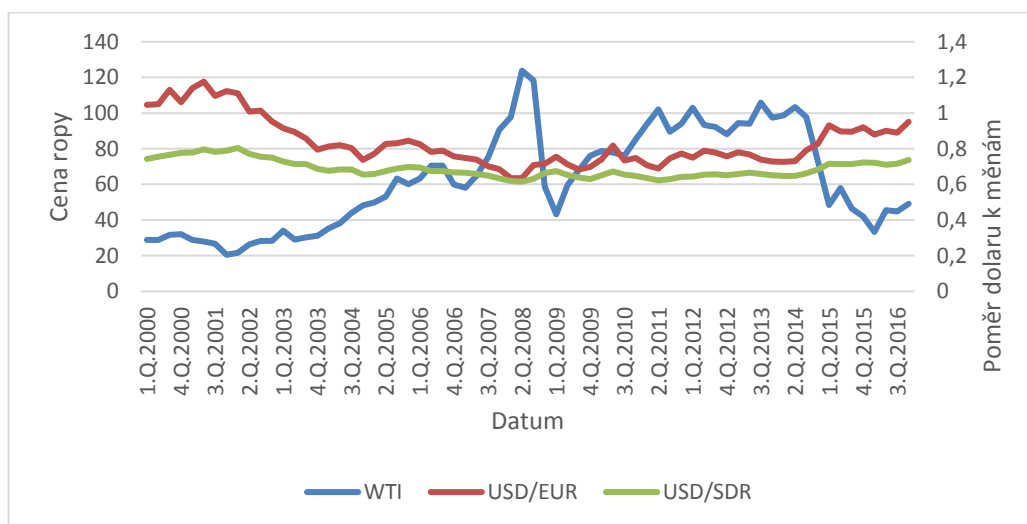
V následující kapitole jsou definovány hlavní faktory, které mají vliv na konečnou cenu ropy. Všechny faktory jsou blíže vysvětleny, ať již textem nebo grafickou analýzou historických dat. Do této kapitoly je vybráno 11 základních faktorů, mezi které patří americký dolar, světové hospodářství a poptávka po ropě, nabídka po ropě, ropné zásoby, vojenské konflikty, počasí a přírodní katastrofy, spekulace a nejistota na trzích, inflace, úroková míra, politické vlivy a vliv ostatních komodit.

#### 3.1 Dolar

Významným faktorem ovlivňující cenu ropy je hodnota amerického dolaru. Dolar je velice důležitý z důvodu, že cena ropy se denominuje v amerických dolarech, tudíž posílení či oslabení dolaru lze vidět zajímavý možný podnět pro investory. Mezi cenou ropy a hodnotou dolaru je vyvozen záporný korelační vztah, tedy když klesá hodnota dolaru vůči jiným měnám, roste cena ropy. Tuto tezi podporuje Hošek (2011, s. 34), „Základní myšlenka poukazuje na fakt, kdy v nedolarových oblastech zapříčiní oslabení dolaru zlevnění ropy v zemích, kde tuzemská měna vůči dolaru posílila. Zlevnění ropy je zapříčiněno vyšší poptávkou po komoditě, tudíž i její dolarová cena má tendenci růst.“

Hodnotu dolaru je možno zaznamenat dvěma způsoby, kdy první je porovnání hodnoty dolaru vůči euru. Druhý způsob spočívá ve srovnání hodnoty dolaru s košem světových měn, nazývaným SDR. V koši je zastoupen americký dolar, euro, japonský jen, čínský juan a britská libra, kdy každá z měn má jinou váhu, jež znázorňuje její důležitost. Srovnání ceny ropy a hodnoty dolaru vůči euru i koši měn je zobrazeno v Grafu 3.1.

**Graf 3. 1 Vývoj ceny ropy (USD/barel) a vývoj dolaru vůči euru a koši měn (bezrozm. jedn.)**



Zdroj: Vlastní zpracování dle dat z EIA, MMF a Investing.com

Z Grafu 3.1 je možno vidět negativní závislost mezi hodnotou dolaru a cenou ropy. Názorným příkladem je rok 2008, kdy velmi nízká hodnota dolaru zapříčinila vysokou cenu ropy. Naopak od roku 2014 došlo k posílení dolaru a je možno vysledovat, že cena ropy se snížila.

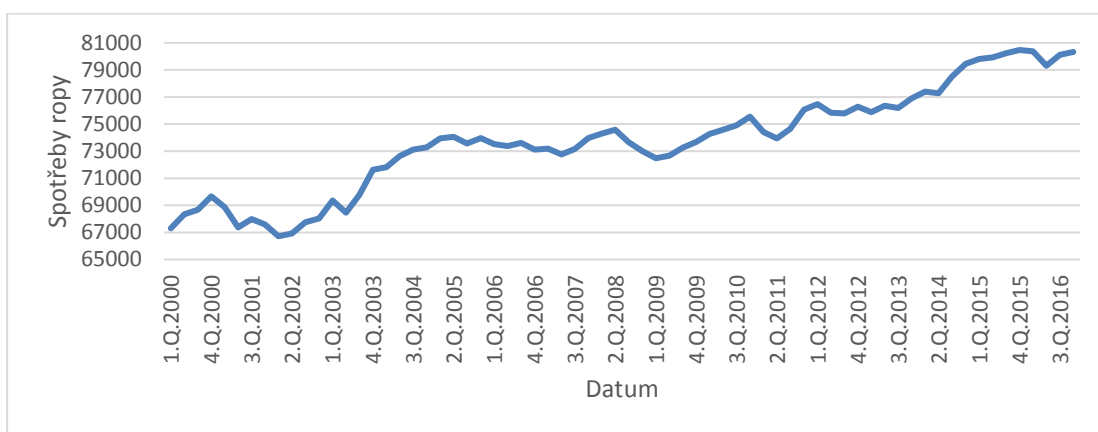
### 3.2 Poptávka po ropě a růst světového hospodářství

Následující podkapitola je zaměřena na faktor růstu světového hospodářství, což v konečném důsledku zaznamená růst poptávky po ropě. Celosvětová produkce ropy neustále roste, a to hlavně kvůli expanzi rozvojových zemí. I když se vyspělé země snaží přejít na nové technologie a hledat jiné zdroje, než je ropa, snižuje se pouze tempo růstu ropy.

Důležitý poznatek je nutno také vidět v poptávce po ropě. Stejně jako u ostatních produktů je poptávka závislá na ceně a nabízeném množství. Zvyšující či snižující poptávka po ropě by měla ovlivnit cenu, při výrazném navýšení poptávky by mělo dojít také k růstu ceny.

Poptávka po ropě v čase neustále stoupá. Tento fakt lze demonstrovat v číselném vyjádření, kdy v roce 2005 byla spotřeba ropy 76,605 mil. barelů ropy denně a v roce 2015 již v hodnotě 87,382 mil. barelů ropy denně. Tato situace poukazuje na závislost lidstva po zmíněné komoditě a trvá i přesto, že po ropných šocích i možných informacích o trvale neudržitelnosti spotřeby ropy do budoucna, spotřeba ropy neustále roste. Vývoj spotřeby ropy je vyobrazen v Grafu 3.2.

Graf 3.2 Celosvětová spotřeba ropy (tis. barelů denně)

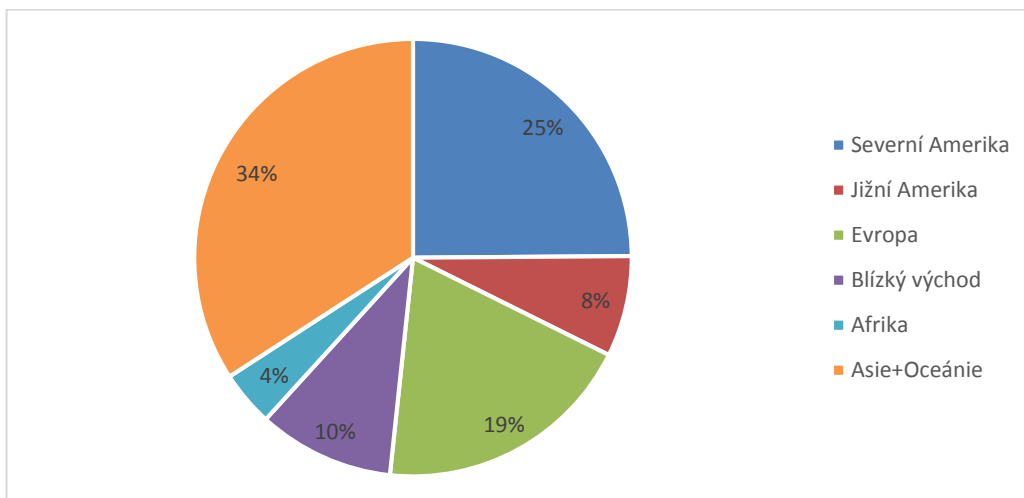


Zdroj: Vlastní zpracování dle BP-Statistical review of World Energy 2016

Další podněty ovlivňující poptávku po ropě lze vidět i v sezónních faktorech. Vyšší spotřebu ropy je možno zaznamenat v zimních měsících z důvodu potřeby paliva na vytápění, a také v měsících letních, kdy spotřeba ropy roste z důvodu motoristické sezony a vyšší přepravy lidí benzinovými prostředky například na dovolenou.

Z hlediska kontinentů je spotřeba ropy zobrazena v Grafu 3.3.

**Graf 3. 3 Spotřeba ropy dle kontinentů v roce 2015**



*Zdroj: Vlastní zpracování dle BP-Statistical review of World Energy 2016*

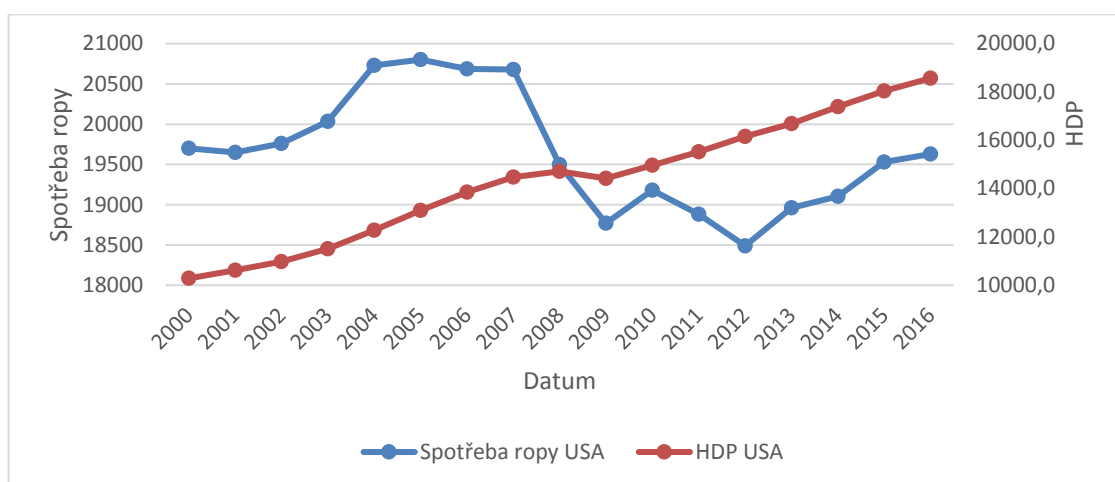
Z Grafu 3.3 je patrné, že nejvyšší spotřeba ropy je zaznamenána v Asii, konkrétně v hodnotě 32 444 tis. barelů ropy za den. Bez zajímavosti není, že třetina celé asijsko-oceánské spotřeby je přisouzena Číně. Čtvrtina celosvětové ropy je spotřebována v Severní Americe. Velký vliv na zmíněném faktu lze přisoudit USA, jako největšímu spotřebiteli ropy na celém světě. Pětina celosvětové spotřeby ropy připadá na Evropu, kde mezi nejvyšší spotřebitele lze vidět Rusko a Německo. Spotřeba ostatních částí již není tak významná, žádná oblast nepřesahuje hodnotu 10 % z celosvětové spotřeby ropy.

Růst světového hospodářství, a jeho význam na poptávce po ropě, je na dalších řádcích poukázán na dvou vybraných zemích, a to na USA a Číně. Zmíněné země byly vybrány z důvodu největší spotřeby ropy v současném světě.

### **3.2.1 USA**

USA je vybrána ze dvou důvodů, a to díky největší spotřebě ropy na světě. Osička (2012, s. 125) tvrdí, „Spotřeba je tažena především dopravním a průmyslovým sektorem, kde ropa uspokojuje 95 %, respektive 42 % poptávky. Stále významné postavení má ropa také v rezidenčním sektoru, kde se podílí 16 % a je zde druhým nejdůležitějším zdrojem.“ Druhým důvodem je velikost HDP, kdy v USA je největší na celém světě. Velikost spotřeby ropy a reálného HDP je vyobrazena v Grafu 3.4.

**Graf 3. 4 Vývoj spotřeby ropy (v tis. barelech za den) a HDP (mld. USD) USA**



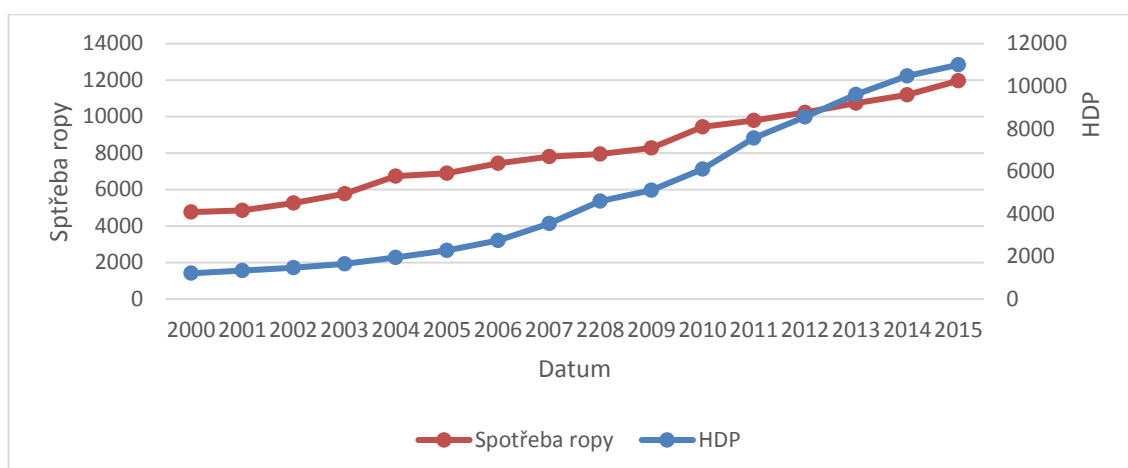
*Zdroj: Vlastní zpracování dle BP-Statistical review of World Energy 2016 a FRED Economic Data*

Z Grafu 3.4 lze vyčíst stejnou tendenci obou veličin, při růstu HDP roste také spotřeba ropy. Růst spotřeby černého zlata je zaznamenán v období 2002 - 2005. Zajímavou situaci lze vidět v roce 2007, kdy došlo ke zlomu v růstu spotřeby ropy v USA. Od tohoto roku již spotřeba v USA začala klesat a na hodnotu 20 mil. barelů za den se již potřeba USA nedostala. Příčinu snížení spotřeby je možno vidět v hospodářské recesi, která utlumila spotřebu komodity v průmyslové výrobě a dopravě. Po oživení ekonomiky sice došlo k nárůstu spotřeby ropy, avšak ten již nebyl tak výrazný. Důvod lze vidět také v rostoucí ceně ropy, kdy její hodnota přesáhla hodnotu 100 USD/barel. Američtí průmyslníci a výrobci aut v této době počali věnovat zvýšené úsilí do výroby alternativních zdrojů, či zdrojů s nižší spotřebou. V roce 2016 dle EIA byla spotřeba ropy v USA 19,63 mil. barelů ropy denně.

### 3.2.2 Čína

Čína je vybrána jako druhý zástupce z důvodu, že za posledních 30 let patří k nejrychleji rozvíjejícím se zemím, kdy její meziroční tempo růstu dosáhlo v některých letech k růstu přesahujícího 10 %. V Grafu 3.5 je vyobrazen reálný hrubý domácí produkt a spotřeba ropy.

**Graf 3. 5 Vývoj spotřeby ropy (v tis. barelech za den) a HDP (miliardy USD) Číny**



*Zdroj: Vlastní zpracování dle BP-Statistical review of World Energy 2016 a FRED Economic Data*

Z Grafu 3.5 lze vidět podstatný fakt, a to že HDP i spotřeba ropy v Číně meziročně stoupá od roku 2000. Základ pravidelného růstu životní úrovně lze vidět od dob reform v roce 1978, kdy všechny podniky byly převedeny do státního vlastnictví. O tom, že v Číně reformy nastartovaly hospodářský růst svědčí i vývoj HDP. V roce 1978 bylo HDP Číny 8 miliard USD, v roce 2000 již přes 1 000 miliard USD a v roce 2015 11 000 miliard USD.

U Číny je nutno zmínit další důležitý fakt, že se jedná o zemi založenou na průmyslu. Podíl průmyslu v ekonomice je téměř 50 %. Zároveň s rostoucí životní úrovní, vzrůstá také průmyslová výroba země, jehož důsledkem je neustále rostoucí poptávka po energetických komoditách. Spotřeba ropy je v čase téměř konstantní, vždy je hodnota nad hranicí 5 %.

### 3.3 Nabídka ropy

Nabídka ropy je důležitým prvkem ovlivňujícím cenu ropy. Z krátkodobého hlediska se jedná o jeden z nejvýznamnějších faktorů, jelikož nabídka je považována za vcelku nepružnou. V případě výpadku dodávek z jakýchkoliv příčin dojde obvykle k nárůstu ceny ropy. Tato situace je dobře patrná při ropných šocích.

Při bližším pohledu do historie lze zmínit skutečnost, že na straně nabídky se již od 19. století vyskytuje jedna, případně malé množství institucí, které disponují výrazným tržním podílem. Tyto instituce téměř disponují monopolním postavením se snahou dosáhnout maximálního možného zisku. V historii lze vidět tři skupiny, kterým se podařilo dosáhnout významného postavení, a které jsou na následujících řádcích stručně popsány. Jedná se o Johna D. Rockefellera, společnost Sedm sester a organizaci OPEC.

John Davison Rockefeller (1839-1937) využil v 19. století situace, kdy u cen ropy docházelo k výrazným výkyvům, které byly způsobeny nedostatkem anebo nadbytkem ropy v daném období. Rockefeller roku 1870 založil společnost Standard Oil Company a za pomoci skupování konkurence chtěl dosáhnout stabilizace ropy. V roce 1890 již kontroloval 90 % amerických rafinérií a ropných společností a třetina celosvětové těžby probíhala na nalezištích společnosti. Tato situace znamenala naprostou neexistenci konkurence v odvětví. Avšak nic netrvalo věčně. Jak Černoch (2012, s. 34) praví, „Divoká éra byznysu se pomalu chýlila ke konci. Jedním z politiků, kteří stavěli svou kampaň proti průmyslovým monopolům byl i Theodore Roosevelt, jehož velká popularita pramenila z tvrdého postoje vůči průmyslovým gigantům. V roce 1909 započal soudní proces a v roce 1911 bylo soudem nařízeno rozdělení Standard Oil do 34 nástupnických společností. Největším dědicem původního podniku se stala společnost Standard Oil of New Jersey.“

Po 2.světové válce se na straně nabídky formovalo nové dominantní uskupení, které dostalo název Sedm sester. Není bez zajímavosti, že mezi sedmi společnostmi byly tři ze společností bývalé Standard Oil Company. Další zajímavostí je, že v tomto uskupení byly zahrnuty i dvě neamerické společnosti, a to britsko-nizozemská Shell a britsko-iránská British Petroleum. Uskupení mělo pod kontrolou všechny důležité aspekty ropného trhu. Z počátku společnosti mezi sebou bojovaly o významnější postavení, dalo by se hovořit o oligopolní struktuře. Posléze se však účastníci seskupení mezi sebou domluvili na podmínkách, které téměř zamezovaly vzniku nové konkurence. Zde již lze hovořit o kartelu. Tato situace trvala až do roku 1971, kdy „Sedm sester“ ztratilo svou moc.

Poslední organizací, která zaujala významný vliv až do současnosti, je společnost OPEC. Maugeri (2006, s. 85) praví, „Organizace zemí vyvážejících ropu vznikla v roce 1960 na bagdádské konferenci, kdy mezi zakladatele jsou řazeni Irán, Irák, Kuvajt, Saudská Arábie a Venezuela, další země se připojily posléze.“ V současné době pod organizací OPEC je zařazeno 13 států. Společenství využilo geopolitické situace v 70. letech 20. století, kdy se po sdružení „Sedmi sester“ stalo nejvýznamnějším hráčem na straně nabídky. Toto postavení je možno vidět až do současnosti. Za hlavní cíl OPEC lze považovat sjednocení ropných politik členských účastníků, což by mělo dosáhnout ke stabilizaci ropného trhu a zabránění výrazných cenových výkyvů. Důležité je zmínit nástroj pomocí kterého chce Organizace zemí vyvážejících ropu dosáhnout svých cílů. Jedná se o stanovení těžebních kvót pro členské státy. Objem kvóty se stanovuje dle několika kritérií, mezi které patří např. podíl na trhu, velikost ropné zásoby nebo počtu obyvatel. Pomocí kvót již v minulosti došlo k ovlivnění cen na ropném

trhu. Za názorný příklad může posloužit první ropný šok v roce 1973, kdy OPEC snížením kvót spolu s ostatními nástroji dosáhla prudkého zvýšení ceny černého zlata.

V současnosti stále platí významné postavení OPEC na straně nabídky, i když již ne v tak dominantním postavení, jako v minulosti. Podíl na trhu OPEC je odhadován okolo hodnoty 40 %.

### 3.4 Zásoby

Dalším z důležitých faktorů, ovlivňující cenu ropy, jsou ropné zásoby. V první části podkapitoly je přibliženo rozmístění světových zásob, v druhé posléze posouzeno možné ovlivnění zásob černého zlata.

I přes vzrůstající celosvětovou poptávku po ropě, množství zásob pravidelně v čase roste. Je to zapříčiněno neustálým zdokonalováním metod průzkumu, a také nalezením nových, dosud neobjevených ložisek. Skutečnost nárůstu celosvětových zásob ropy, i s konkrétními hodnotami deseti největších producentů je vyobrazena v Tab. 3.1.

**Tab. 3.1 Vývoj zásob deseti vybraných zemí (v mld. barelů)**

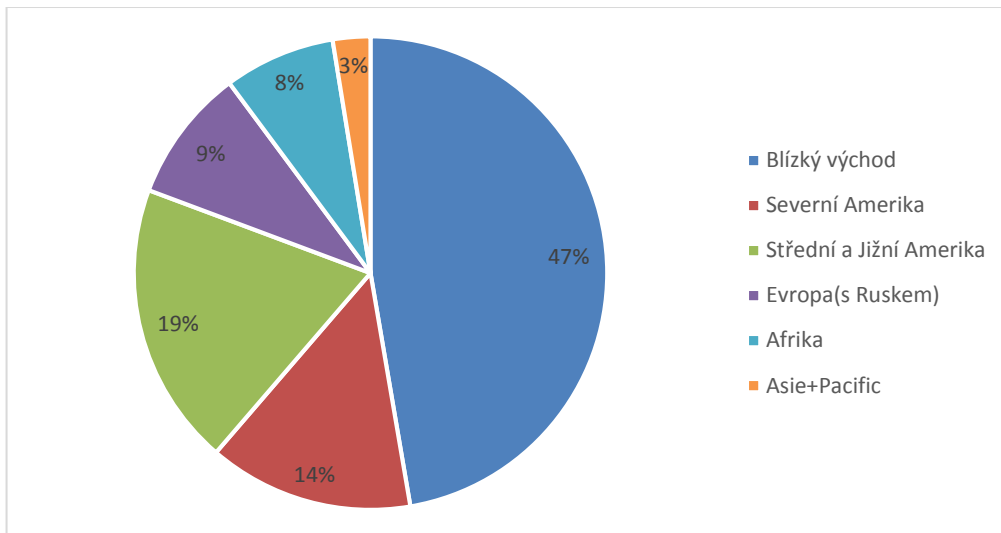
	1995	2005	2015
<b>Saúdská Arábie</b>	261,5	264,2	266,6
<b>Venezuela</b>	66,3	80,0	300,9
<b>Kanada</b>	48,4	180,0	172,2
<b>Írán</b>	93,7	137,5	157,8
<b>Irák</b>	100,0	115	143,1
<b>Kuvajt</b>	96,5	101,5	101,5
<b>Spojené Arabské Emiráty</b>	98,1	97,8	97,8
<b>Rusko</b>	113,6	104,4	102,4
<b>Libye</b>	29,5	41,5	48,4
<b>Nigérie</b>	20,8	36,2	37,1
<b>Celosvětově</b>	1126,2	1374,4	1697,6

*Zdroj: Vlastní zpracování dle BP-Statistical review of World Energy 2016*

Jak lze z Tab. 3.1 vidět, hodnota celosvětových zásob ropy vzrostla za posledních deset let téměř o 600 mld. barelů. Hlavní příčinu lze vidět v nových významných nalezištích ropy ve Venezuele v roce 2007, a také objevu nových ropných písků v Kanadě v roce 2002. Kanada v roce 1995 vlastnila pouhých 48,4 mld. barelů ropy, ale po objevení a započítání ropných písků v Albertě došlo ke zvýšení zásob na hodnotu 180 mld. barelů v roce 2005. Avšak největší zásoby ropy se v nynější době přiznávají Venezuele. V Jižní Americe došlo po roce 2007 k výrazným objevům nových nalezišť, jen ve Venezuele došlo v roce 2007 k nalezení a započítání 70 mld. barelů ropy při řece Orinoko.

Jak již bylo dříve zmíněno, země Blízkého východu jsou obdařeny značnými zásobami ropy. Tento fakt je zobrazen v Grafu 3.6, který na koláčovém grafu ukazuje strukturu rozmístění celosvětových zásob dle umístění.

**Graf 3. 6 Rozmístění světových zásob ropy v roce 2015**



*Zdroj: Vlastní zpracování dle BP-Statistical review of World Energy 2016*

Z Grafu 3.6 vyplývá dominantní postavení zemí Blízkého východu. Jinými slovy lze říci, že Saudská Arábie, Irán, Irák, Kuvajt, SAE, Katar a Omán vlastní téměř polovinu veškerých celosvětových zásob. Díky objevu nových nalezišť a technologií se však toto číslo snižuje, v roce 1995 bylo na území Blízkého východu přes dvě třetiny veškerých zásob černého zlata.

Co se týče ostatních světadílů, Severní a Jižní Amerika jsou výrazně zastoupeny Kanadou, respektive Venezuelou, které dominují na svých kontinentech. Evropa je na zásoby vyjma Ruska poněkud chudá, nejvyšší jsou přisouzeny Norsku. Relativně vysoký podíl je zapříčiněn právě řazením Ruska jako evropské země. V Africe jsou největší naleziště ropy objevena na severu, konkrétně v Libyi, Alžírsku, a také v subsaharské Nigérii. Hodnota zásob zemí v Asii a Pacifiku je téměř zanedbatelná, největší naleziště je možno nalézt v Číně.

Tím, že ropa je považována za neobnovitelnou komoditu, u které se v budoucnu předpokládá vyčerpání, je důležité věnovat hodnotě zásob pozornost. Je totiž velice důležité, z jakých informací o zásobách ropy vycházíme a zda čísla nejsou nahodnoceny. V historii se tak již stalo. Jak praví Cílek (2008, s. 57), „Téměř všechny světové úvahy o množství ropy vycházejí ze dvou časopisů – *World Oil* a *Oil and Gas Journal*. Redakce rozešlou státům a firmám dotazníky a jejich odpovědi pouze přetisknou. V mnoha případech mají redakce



pochybnosti o získaných číslech, ale strategií redakcí není zavádět diskutabilní nová čísla nebo kontrolovat údaje.“

Typický příklad této manipulace se skutečností se stal v 80. letech, kdy se země OPEC rozhodly rozdělit těžební kvóty dle uvedených zásob. Jak podotýká Cílek (2008, s. 57), „V podstatě přes noc šest států zvýšilo hodnotu svých zásob, aniž by nahlásily objev nějakého nového ložiska. Tímto administrativním činem svět získal 287 miliard barelů ropy.“ Další spornou oblastí je Mexiko, u kterého panují výrazné pochybnosti o pravdivosti údajů prezentovaných tamější vládou.

U vykazování ropných zásob lze najít specifika, která nahrávají myšlence o nadhodnocení. U Ruska a bývalých zemí Sovětského svazu se postupuje při ověřování zásob jinou metodikou, kdy se nevyžaduje, aby ložiska byla připravená k těžbě. Z tohoto důvodu panují pochybnosti o zásobách v oblasti Kaspického moře.

Dalším specifikem je vytěžitelnost nalezených ložisek. I přesto, že Venezuela je země s největšími zásobami ropy na světě, většina zásob je za použití současných technologií téměř nevytěžitelná. Podobný problém lze vidět i u nově objevených způsobů těžby ropy z ropných břidlic, kdy břidlice musí být dolovány a ropa se z nich posléze složitým způsobem extrahuje. Tento proces je také náročný i finančně, a o tom, zda se vyplatí, rozhoduje momentální cena černého zlata na trzích.

Stav ropných zásob je důležitým prvkem pro cenu ropy, avšak je důležité vidět realnost vytěžitelnosti zásob v současné době. Co se týče ceny ropy, na trzích by mělo platit, že při poklesu vytěžitelných zásob by mělo dojít k zvýšení cen za jeden barel.

### **3.5 vojenské konflikty**

Za další faktory ovlivňující cenu ropy, se dají považovat vojenské konflikty. Ať jde o významné války nebo pouze drobné konflikty, díky nestabilitě a budoucí nejistotě může dojít k ovlivnění ceny ropy, speciálně pokud se konflikty odehrávají v místech těžby ropy. Obecně se dá říci, že se jedná o faktor, jenž se nevyskytuje v historii až tak často, avšak na ropný trh má zpravidla vojenský konflikt významný vliv.

Důvodů pro nestabilitu ropného trhu při vojenských bojích však lze vidět více. Při válečných konfliktech dojde obvykle k nasazení vojenské techniky, která je velice náročná na pohonné hmoty. Tudíž poptávka po pohonných hmotách se zde jednoznačně zvýší. Druhý důvod je možno vidět v situaci, kdy v probíhající válce dojde k přerušení dodávek ropy z území zmítaného boji, případně při poškození ropovodu během válečné operace.

První i druhá světová válka, brány dnešním pohledem, trh s ropou výrazně neovlivnily. Prvním výrazným příkladem ovlivnění trhu s ropou se stala Suezská krize v roce 1956. Černoch (2012, s. 60) krizi popisuje, „Spojené státy odmítly financovat výstavbu přehrady na Nilu. Egyptský prezident G. A. Nasser poté oznámil znárodnění Suezského průplavu, jehož ekonomického potenciálu chtěl využít pro financování svého vlastního projektu. Proti tomu se razantně postavila Velká Británie a Francie. Spolu s Izraelem se tyto země dohodly na plánu, podle kterého měli Britové obsadit průplav. Vojenskými operacemi zasažený průplav znemožnil tankerům proplutí, a tím pádem byly tankery nuceny obeplouvat celý africký kontinent.“ Tato skutečnost měla zásadní vliv na cenu ropy, jelikož kvůli výrazným časovým prodlevám došlo k velkému nárůstu ceny ropy za barel.

Další významné události, zapříčiňující rozkolísání trhu s ropou, se v historii udály na Blízkém Východě. Tyto události jsou blíže zaznamenány v kap. 2.6.

Nárůst ceny ropy lze vidět také v konfliktu v Sýrii, který přetrvává až dodnes. V roce 2013 po chemickém útoku v syrské občanské válce hrozila USA vpádem svých vojsk do země. Ropný trh reagoval pouze na tuto informaci výrazným nárůstem ceny ropy, kdy se hodnota zvýšila během jednoho měsíce až o 10 USD/barel. Tato událost ukázala, jak pouhá možnost vojenského konfliktu může způsobit změny na ropném trhu.

### **3.6 Počasí a přírodní katastrofy**

Příroda je další faktor ovlivňující cenu ropy. Ať to na první pohled nemusí vypadat, výrazné odchylky počasí od normálu či přírodní katastrofy mohou zapříčinit nárůst ceny komodity na trzích. Stejně jako u politických vlivů platí, že se jedná o ojedinělé události, avšak které dokáží výrazně usměrnit cenu ropy vzhůru.

Typickými příklady jsou hurikány v Americe. Do novodobých dějin nejvíce zasáhl hurikán Katrina v srpnu roku 2005. Tento hurikán způsobil obrovské škody, poničil město New Orleans a ropné plošiny v Mexickém zálivu. Z tohoto důvodu došlo k uzavření produkce ropy a plynu z této oblasti, na což trh reagoval nárůstem ceny za barel o více než 10 USD.

Další vliv je možno přisoudit nečekaným výkyvům počasí, klasickým příkladem je dlouhá tuhá zima. Ukázkou je přelom let 1995 a 1996, kdy při mimořádně dlouhé zimě bylo třeba více topit a využívat topné oleje. Tím pádem nastala vyšší poptávka po ropě a cena ropy za jeden barel na komoditních trzích mírně vzrostla.

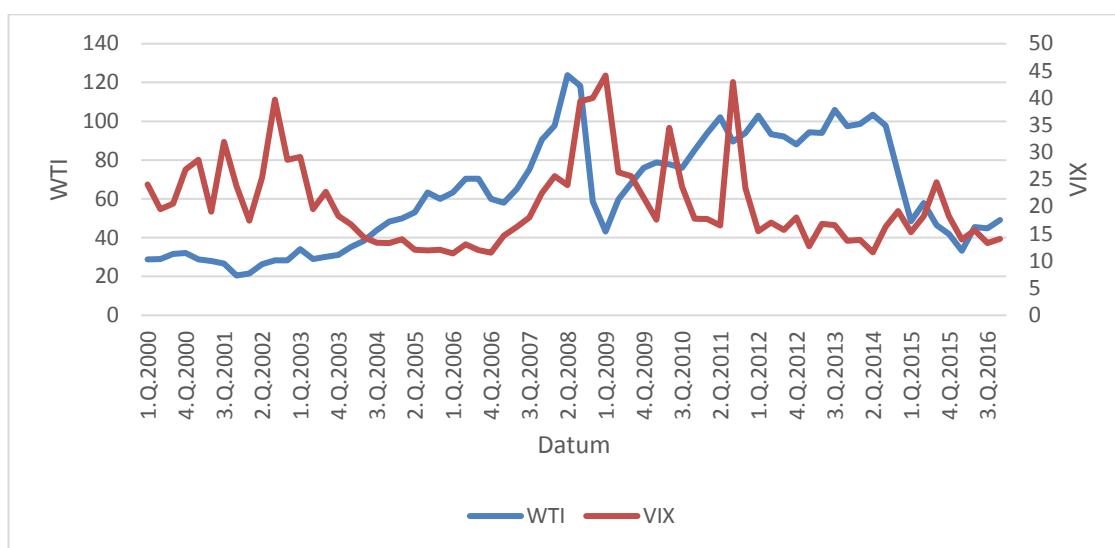
### 3.7 Spekulace a nejistota na trzích

Spekulace a s nimi spojená možná nejistota na trzích se dají považovat za další faktor ovlivňující cenu ropy. Pojem spekulant vysvětluje Nesnídal (2006, s. 31), „Pod pojmem spekulant máme na mysli všechny subjekty, které nakupují a prodávají komodity za účelem zisku, nikoliv však pro dlouhodobou spotřebu a investici. Co se týče cesty a způsobu dosáhnutí zisku, každý spekulant má vlastní pohled a taktiku. Spekulant se například při svém rozhodování může řídit nabídkou a poptávkou komodity, kdy v případě snížení produkce spekuluje na vzrůst ceny komodity.“ Na ropném trhu lze vidět typický spekulativní motiv v přerušení dodávek ropy, kdy obvykle dojde k nárůstu ceny komodity.

Spekulaci na ropném trhu rovněž nahrává další skutečnost. Ropné deriváty se v poslední době staly velmi oblíbenými finančními instrumenty, které do svých portfolií zahrnuje mnoho účastníků, včetně domácností a drobných investorů. Ropa je totiž považována za vhodnou k diverzifikaci rizika inflace i kurzu dolaru. Typickými nástroji pro ropu jsou futures, opce i indexové fondy. O popularitě ropných derivátů svědčí fakt, že počet uzavřených futures od roku 2000 se více než zpětinásobil. Problém však lze vidět ve skutečnosti, že vkládání přebytečných prostředků na komoditní trhy představuje v podstatě spekulaci na cenu ropy, jelikož cena černého zlata, na rozdíl od akcií, není odvozena od vnitřní hodnoty daného instrumentu.

Další možný problém lze vidět v případě, kdy je nakoupeno velké množství futures, což je možno přisoudit spekulaci na vyšší budoucí cenu ropy. U producentů ropy lze očekávat, že omezí současnou produkci a začnou shromažďovat zásoby černého zlata do budoucna. Tato situace může vyvolat nejistotu na trhu. I když je pojem nejistota těžko kvantifikovatelný, pro trh je zkonstruován index volatility nazvaný VIX. Index zaznamenává rozkolísanost na trzích, kdy čím vyšší rozkolísanost na trzích panuje, tím se může investora zmocnit vyšší nervozita a tím je hodnota indexu vyšší. Obecně lze říci, že při hodnotě indexu okolo hladiny 10 bodů je situace na trhu stabilní a investoři nečekají výraznější výkyvy. Naopak při hodnotách nad 30 bodů panuje na trzích nervozita a panika, která obvykle zapříčiní panický výprodej některých instrumentů. Porovnání indexu volatility a ceny ropy je znázorněno v Grafu 3.7.

**Graf 3.7 Vývoj ceny ropy WTI (v USD) a indexu VIX (bezrozměrná j.)**



*Zdroj: Vlastní zpracování dle BP dat z EIA a Ycharts*

### 3.8 Inlace

Inlace je další z nutných faktorů k posouzení ceny ropy. Mezi cenou ropy a inflací je možno odvodit pozitivní stav. Ať už se cena ropy či inflace pohybuje jedním směrem, druhá veličina se s velkou pravděpodobností vyvíjí stejným směrem. Na vztah inflace a ceny ropy lze nahlížet ze dvou úhlů pohledu, a to která z těchto dvou veličin ovlivní tu druhou, jinými slovy, jaká mezi veličinami panuje kauzální závislost.

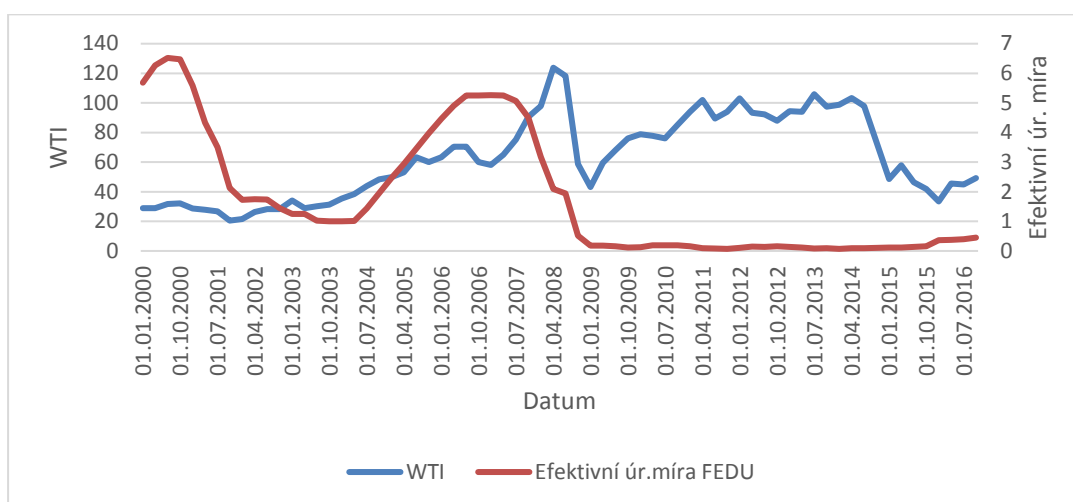
První možností je situace, kdy cena ropy ovlivní inflaci. V minulosti se tato situace odehrála v dobách ropných šoků, kdy náhlý nárůst cen černého zlata na trzích způsobil výraznou inflaci téměř po celém světě. Zmínit je taktéž možné období mezi lety 2014 – 2016, kdy nízká inflace kopírovala klesající cenu ropy.

Druhý úhel pohledu poukazuje na možnost ovlivnění inflací tržní ceny ropy. Tato úvaha se věnuje inflačním očekáváním. Pokud centrální banka prosazuje za svůj základní cíl péči o cenovou stabilitu, je nutné, aby jednotlivci tuto informaci vzali na vědomí a zabudovali ji do svých očekávání. Posléze racionálně uvažující jedinec zvýší ceny zboží a služeb, čímž je možno také dosáhnout nárůstu ceny ropy.

### 3.9 Úroková míra

Další zmíněný faktor ovlivňující cenu ropy je úroková míra. Jedná se o velice zajímavý vztah, jelikož v posledních letech došlo ke změně kauzality. Pro lepší názornost je vývoj ceny ropy a úrokové míry v Grafu 3.8.

**Graf 3. 8 Graf vývoje ceny ropy (v USD) a efektivní úrokové míry FEDU (v %)**



*Zdroj: Vlastní zpracování dle dat z EIA a FRED Economic Data*

Vztah mezi veličinami je obvykle vysvětlován tzv. Hotellingovým pravidlem. Jedná se o zjištěný vztah, kdy korelace mezi vývojem reálných cen všech přírodních zdrojů a vývojem úrokových sazeb je záporný. Hošek (2011, s. 28) vysvětluje tímto způsobem, „Vlastníci ropy se rozhodují na základě výše aktuální a očekávané výše reálné úrokové míry, zda ropu těžit a prodávat nebo ji ponechat v zemi. Pokud cena ropy roste tak rychle, že ropa v zemi zaručuje vyšší výnosy než peníze získané jejím prodejem, vlastníci raději ponechají ropu v zemi a odloží produkci při snaze realizovat vyšší ceny v budoucnosti. To snižuje aktuální nabídku a zvyšuje aktuální ceny.“ Z vysvětlení logicky vyplývá, že při klesajícím trendu úrokových sazeb je rozhodnutí vlastníků ropy opačné. Jinými slovy lze říci, že při výrazné poptávce a vysokých cenách jsou úrokové sazby na velmi nízké úrovni.

Zmíněné pravidlo však nelze pozorovat v posledních letech, kdy došlo k obratu korelační závislosti. V roce 2014 došlo k výraznému poklesu ceny ropy, při téměř nulových reálných sazbách. Lze tedy prohlásit, že v éře velmi nízkých úrokových sazeb, se dle nových zkoumání tento vztah přetrhal a je možno pozorovat taktéž pozitivní závislost.

### **3.10 Politické vlivy**

Politické faktory jsou dalšími důležitými hybateli ropného trhu. Tím, že na ropě je současný svět závislý, má jakékoliv embargo, přerušení dodávek či jiné ropné omezení zásadní vliv na cenu ropy. Stabilitě ropného trhu taktéž nepřispívá situace, kdy v některých oblastech nepanuje klid na politické scéně, lokální spory v historii již několikrát pomocí ropy zasáhly celý svět. V nedávné minulosti stačí vzpomenout na Arabské jaro nebo vyhlášení ropného embarga při ropných šocích.

Nezanedbatelný vliv je možno přisoudit organizaci OPEC. Jelikož na území skupiny těchto států se nachází více než polovina celosvětových zásob ropy, může tento kartel do jisté míry ovlivnit cenu ropy. Ovlivnění lze dosáhnout pomocí regulace těžby přidělením kvót členských států a posléze zvýšením či snížením kvóty ovlivnit ropnou nabídku. V minulosti k tomuto kroku docházelo pravidelně, aby kartel dosáhl svých zájmů. Avšak ne vždy se organizaci OPEC správně podařilo odhadnout situaci. Při již zmíněné východoasijské krizi kvůli nesprávně zvýšeným kvótám došlo k poklesu tržní ceny ropy.

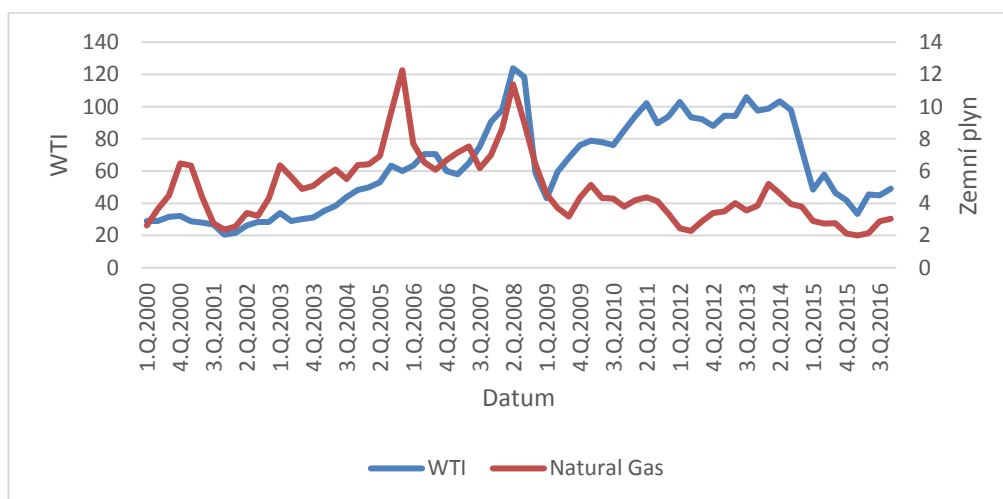
Situaci ovlivnění ze strany OPEC lze pozorovat i dnes, kdy analytici vidí za nízkými cenami ropy snahu OPEC o zamezení těžby břidlic na americkém území. Podle studií se současnými technologiemi vyplatí těžba ropy, pouze když je cena nad úrovní 60 USD/barel.

### 3.11 Ostatní komodity

Jako další faktor je třeba zmínit vliv ostatních komodit obchodovaných na komoditních trzích. Jedná se o ostatní energetické komodity, jelikož ropa není jediným zdrojem energie na světě. Ostatní fosilní paliva, jako zemní plyn nebo uhlí, lze považovat za její substituty. Dále se na komoditních trzích obchodují také zemědělské plodiny, jako pšenice nebo rýže. V neposlední řadě nelze zapomenout na drahé kovy, které jsou reprezentovány zlatem a stříbrem. Všechny tyto komodity lze brát jako substituty z pohledu komoditního trhu.

Jako první je pozornost zaměřena na zemní plyn. V Grafu 3.9 je vyobrazen jeho vývoj spolu s porovnáním s vývojem ceny ropy.

**Graf 3.9 Vývoj ceny ropy WTI (v USD) a ceny zemního plynu (v USD)**



*Zdroj: Vlastní zpracování dle EIA a FRED Economic Data*

U trhu se zemním plynem existuje výrazná segmentace dle regionu a lze prohlásit, že mezi jednotlivými trhy se nevyskytuje výrazná korelace. Co se týče amerického trhu, dodávky

zemního plynu jsou řízeny burzovní cenou. Je zajímavé si povšimnout, že burzovní cena plynu v podstatě odráží cenu ropy WTI. Naopak co se týče Evropy, zemní plyn se obchoduje pomocí dlouhodobých kontraktů, které jsou odvozeny od ceny ropy. Tento poznatek potvrzuje i dříve zmíněný fakt, že ve většině nálezů se ropa vyskytuje spolu se zemním plynem, tudíž poměr dodávek zemního plynu k ropě je velmi podobný. Hošek (2011, s. 29) na toto téma podotýká, „Na straně nabídky je možno hovořit o tom, že zmíněné komodity jsou komplementy. Co se týče poptávkové strany, tyto dvě komodity jsou si vzájemnými substituty. Rostoucí poptávka po ropě způsobí její nárůst cen na trzích, a proto posléze dojde k nárůstu poptávky levnějšího zemního plynu, jehož cena má posléze tendenci růst.“

U ostatních komodit lze pozorovat pozitivní korelaci vůči ropě, ceny komodit se většinou pohybují stejným směrem. Tento fakt potvrzuje Tab. 3.2, kde jsou vyobrazeny korelační koeficienty průměrných ročních cen ropy a komodit od roku 1960 do roku 2010.

**Tab. 3.2 Korelační hodnoty vybraných komodit vůči ropě**

komodita	uhlí	hliník	železo	nikl	pšenice	rýže	kukuřice	zlato	stříbro
<b>ropa</b>	0,904	0,803	0,941	0,830	0,858	0,669	0,802	0,886	0,819

*Zdroj: Vlastní zpracování dle Hošek (2011, s. 31)*

V Tab. 3.2 lze vidět velmi výraznou korelační závislost pohybující se nad hodnotou 0,8 u všech komodit vyjma rýže. Zvláště v posledních letech zpravidla docházelo ke stejným pohybům cen na všech komoditních trzích. Tato skutečnost souvisí také s ekonomickým cyklem. Ve vyspělých zemích došlo při nástupu recese v roce 2007 k poklesu poptávky po všech surovinách i komoditách. V době hospodářské expanze lze vidět opačnou situaci rostoucí poptávky, lidé více poptávají ropné produkty, zemědělské potraviny, a také roste zájem o drahé kovy.

Důležité je však zaměřit se taktéž na kauzalitu mezi komoditami a ropou. Hošek (2011, s. 31) se v této otázce vyjadřuje následovně, „Obousměrná statisticky významná kauzální závislost existuje mezi cenou ropy a uhlí, resp. niklu. Výrazná je rovněž kauzalita od cen ostatních průmyslových kovů směrem k cenám ropy, ne však obráceně. U zemědělských komodit a cenných kovů můžeme naopak pozorovat kauzalitu od ceny ropy k cenám těchto komodit.“

## 4 Analýza ceny ropy

Tato další část diplomové práce obsahuje analýzu a testování reálných dat z důvodu následného vytvoření regresního modelu. Pomocí modelu lze posoudit vlivy faktorů na konečnou cenu ropy.

### 4.1 Datový soubor

Datový soubor je složen ze sedmi proměnných. Časové řady proměnných se týkají intervalu od prvního čtvrtletí roku 2000 do konce roku 2016 a jsou vyjádřeny v čtvrtletní frekvenci.

Do datového souboru je vybrána cena americké ropy WTI a šest faktorů, které již byly zmíněny výše. Konkrétně se jedná o hodnotu dolaru vůči světovému koši měn, celosvětovou spotřebu ropy jako faktor reprezentující poptávku, dodávky ropy vyvezeny z USA jako faktor ropné nabídky, čtvrtletní změny inflace v USA, efektivní úrokovou míru FEDU a index volatility VIX zastupující nejistotu na trzích. Do práce nejsou zařazeny některé faktory z důvodu obtížného zahrnutí do modelu a jejich kvantifikovatelnosti. Konkrétně se jedná o politické vlivy, počasí a živelné katastrofy a faktor vojenských konfliktů. V modelu taktéž nejsou zahrnuty zásoby, jelikož v minulosti je možné vidět značné zkreslení údajů, a také rozdílnou metodiku výpočtu zásob některých institucí. Další problém lze vidět ve vytěžitelnosti některých zásob. Faktor ostatních komodit v modelu také není zahrnut, jelikož ostatní komodity mají tendenci kopírovat růst i pokles cen ropy. Tudíž mezi ropou a ostatními komoditami lze hovořit o opačné kauzální závislosti.

Konkrétní aplikace matematického modelu pro potřebný reálný případ práce je zaznamenán obecným zápisem funkční závislosti proměnných, které analyzujeme,

$$WTI = f(\text{Dolar}; \text{Inflace}; \text{Dodavky\_USA}; \text{Efekt}; \text{Spotřeba\_svět}; \text{VIX}).$$

Z výše zmíněného tedy vyplývá, že vývoj vysvětlované proměnné ceny ropy WTI, je závislý na vývoji proměnné hodnoty dolaru ke koši ostatních měn, vývoji proměnné inflace, na vývoji hodnoty proměnné dodávek ropy z USA, na spotřebě ropy ve světě a v neposlední řadě také na indexu VIX. Ekonomicky lze projekt vyjádřit dle lineární matematické funkce ve tvaru,

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{Dolar}_t + \beta_2 \cdot \text{Inflace}_t + \beta_3 \cdot \text{Dodavky\_USA}_t + \beta_4 \cdot \text{Efekt}_t + \beta_5 \cdot \text{Spotřeba\_svět}_t + \beta_6 \cdot \text{VIX}_t + u_t.$$

Co se týče modelu, je možno říci, že se jedná o deterministický model, ve kterém je pomocí funkčního vztahu popisována vysvětlovaná závislá proměnná WTI, která je závislá na proměnných Dolar, Inflace, Dodavky\_USA, efekt, Spotřeba\_svět a VIX.



## 4.2 Vymezení proměnných

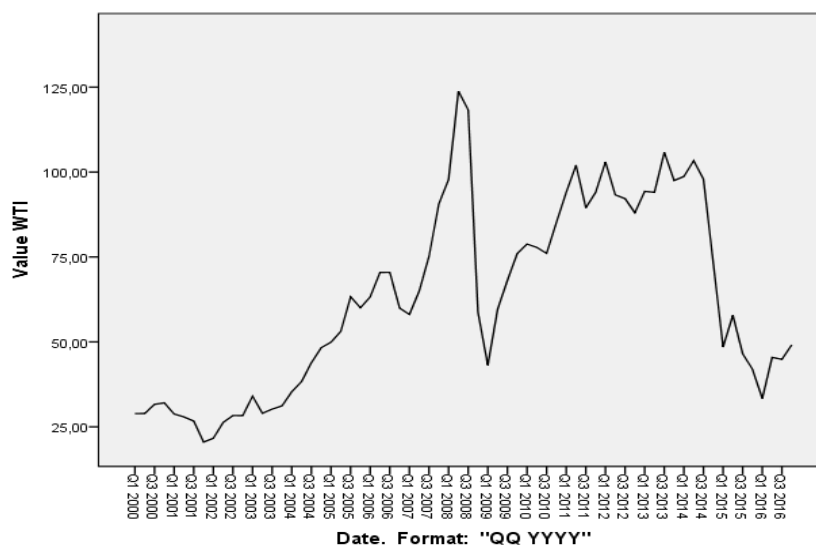
V následující části jsou postupně analyzovány všechny proměnné vyskytující se v modelu. Nejprve jsou pro lepší představu vyobrazeny hodnoty všech proměnných, poté časové řady projdou kontrolou, zdali se v nich nenacházejí chybějící hodnoty či extrémní hodnoty. U těchto hodnot dojde k případnému nahrazení a posléze je posouzena stacionarita u každé z proměnných. Za základní předpoklad pro stacionaritu je možno považovat konstantní hodnotu v čase, a také konstantní variabilitu v čase.

### 4.2.1 Vysvětlovaná proměnná WTI

Vysvětlovaná proměnná WTI vyjadřuje vývoj ceny nejvýznamnějšího amerického druhu ropy, tedy WTI (West Texas Intermediate). Proměnná WTI znázorňuje, kolik amerických dolarů je potřeba vynaložit na jeden barel ropy.

Jednotka proměnné je USD/barel, čtvrtletní data jsou získána jako průměr měsíčních uzavíracích cen. Konkrétní data jsou získány ze stránek organizace EIA.

**Graf 4.1 Vývoj vysvětlované proměnné WTI (USD)**



*Zdroj: Vlastní zpracování dle dat EIA*

V Grafu 4.1 je vyobrazen vývoj ropy WTI od roku 2000, do roku 2016. Bližší popis vývoje ceny ropy je uveden v kapitole 2.6.

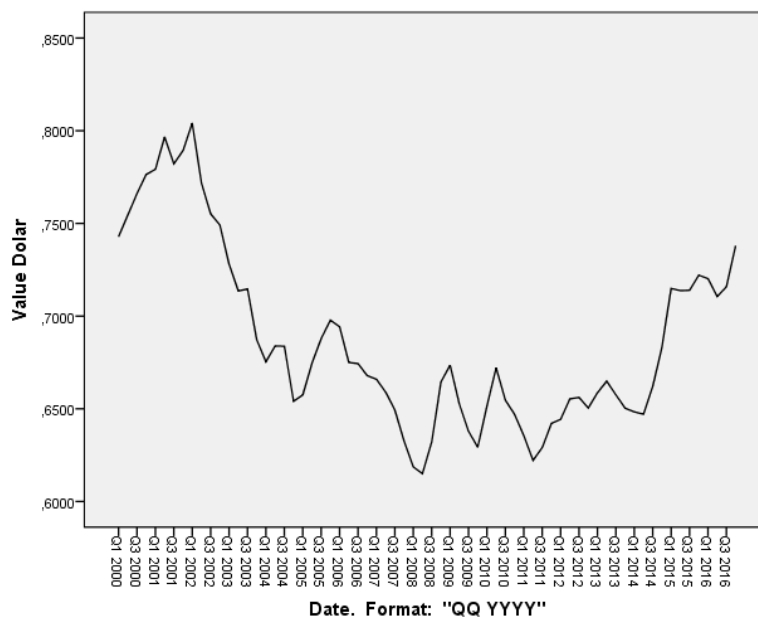
Časová řada ropy WTI vykazuje relativně vysokou volatilitu, trend ani sezónnost z ní vysledovat nelze, tudíž je možno označit tuto řadu za stacionární. U vysvětlované proměnné nejsou zaznamenány taktéž žádné chybějící pozorování ani odlehlé nebo extrémně odlehlé hodnoty.

#### 4.2.2 Vysvětlující proměnná Dolar

Proměnná dolar vyjadřuje poměr amerického dolaru (USD) ke koši světových měn. V koši světových měn je zastoupen americký dolar, euro, japonský jen, čínský juan a britská libra. Každá z těchto měn má jinou váhu, znázorňující její důležitost. Jedná se tedy o bezrozměrnou jednotku.

Čtvrtletní data jsou získána ze stránek MMF jako průměr uzavíracích měsíčních cen.

**Graf 4.2 Vývoj vysvětlující proměnné Dolar (bezrozm. jedn.)**



*Zdroj: Vlastní zpracování dle dat MMF*

V Grafu 4.2 je zaznamenán počáteční rostoucí trend dolaru vůči koši měn, který trval až do roku 2002. Poté však následoval pokles, kdy hodnota USD vůči koši měn trvale klesala. Pokles byl zapříčiněn postupným oslabováním dolaru, který kromě některých výjimek trval až do roku 2011. Poté došlo u hodnoty dolaru k ostatním měnám výraznému nárůstu. Tento trend trvá až do současné doby.

Časová řada vykazuje relativně vysokou variabilitu. Sezónnost zde neexistuje, trend není patrný. Zmíněnou časovou řadu je možno považovat za stacionární.

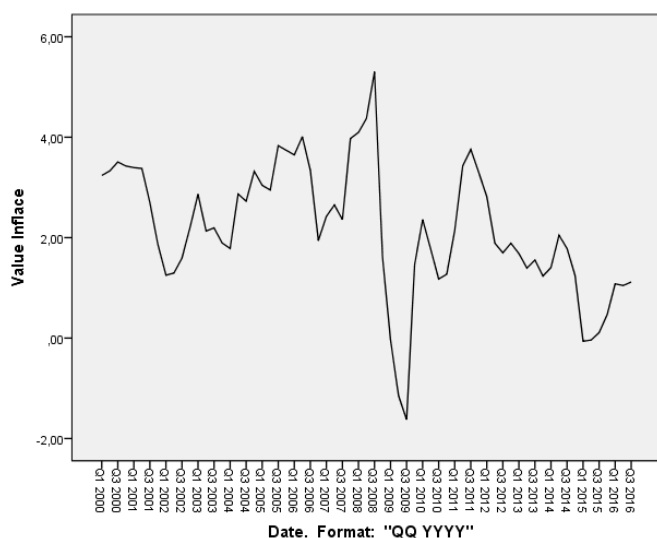
Časová řada obsahuje všechny hodnoty a žádná z hodnot není odlehlá.

#### 4.2.3 Vysvětlující proměnná Inflation

Vysvětlující proměnná Inflation zobrazuje čtvrtletní meziroční srovnání inflace v USA. Proměnná tedy zaznamenává meziroční růst, či případný pokles cenové hladiny.

Inflace je zaznamenána v procentech, čtvrtletní data jsou stažena ze stránek OECD.

**Graf 4.3 Vývoj vysvětlující proměnné Inlace (v %)**



*Zdroj: Vlastní zpracování dle dat OECD*

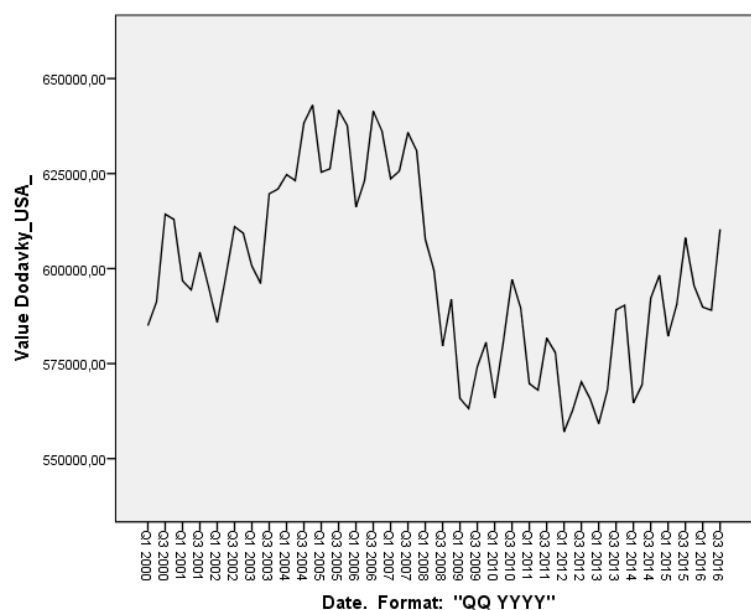
Vývoj inflace v USA je vyobrazen v Grafu 4.3. Až na část roku 2009 a 2015 lze říci, že v USA je inflace zaznamenána v kladných hodnotách, tudíž nedocházelo k deflaci. V období mezi lety 2000 až 2008 lze říci, že inflace se pravidelně pohybovala v rozmezí 2 – 4 %, její hodnota meziročně spíše rostla, než že by se snižovala. Výrazný výkyv lze přisoudit období krize, kdy u hodnoty meziroční inflace je možné vidět nejvyšší hodnoty v celém sledovaném období, aby posléze došlo v USA k meziroční deflaci. Po doznění krize je možno vidět klesající trend meziroční inflace, který byl ukončen roku 2015, kdy ve dvou sledovaných čtvrtletích bylo dosaženo v USA deflace.

Při bližším zkoumání časové řady lze usoudit, že sezónnost i trend lze vyloučit, jelikož se u proměnné nevyskytují. V datovém souboru hodnot inflace se nachází pouze 67 pozorování, jelikož hodnota 4. čtvrtletí roku 2016 je v době psaní práce neznáma. Z boxplotu lze vidět jednu odlehlou hodnotu, konkrétně v 3. čtvrtletí 2009. Jelikož se nejedná o extrémně odlehlou hodnotu, v modelu ji ponecháme a nahrazena nebude.

#### **4.2.4 Vysvětlující proměnná Dodavky\_USA**

Vysvětlující proměnná nám vyjadřuje objem dodávek ropy, které byly vyvezeny z USA. Hodnota dodávek je vyjádřena jako měsíční průměr daného čtvrtletí, jednotkou jsou tisíce barelů. Čtvrtletní data jsou získána jako měsíční průměr ze stránek EIA.

**Graf 4.4 Vývoj vysvětlující proměnné Dodavky\_USA (tis. barelů)**



*Zdroj: Vlastní zpracování dle dat EIA*

V Grafu 4.4 je vyobrazen průběh dodávek ropy z USA v období mezi lety 2000 – 2016. V grafu lze vidět, ač s pravidelnými výkyvy, růst hodnot dodávek až do roku 2008. Příčinu je možno usoudit ve větším zájmu o ropu v tomto období. Od roku 2008 však zasažení krizí ovlivnilo také množství dodávek ropy, a byl zaznamenán výrazný pokles. Na sumu vymezených dodávek z roku 2008 v USA již nebylo dosaženo, i přes následný rostoucí trend, který je zaznamenán až do současnosti.

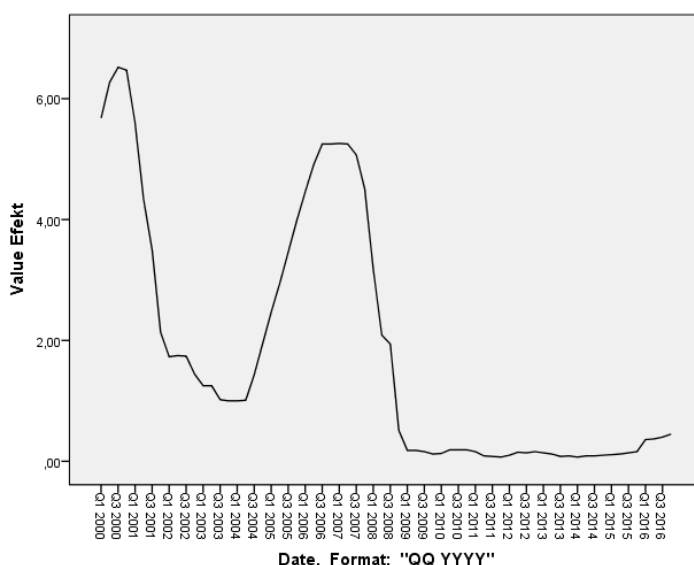
Co se týče časové řady, lze proměnné přisoudit variabilitu, trend zde patrný není. Avšak sezónnost je dle grafu zaznamenána, proto je třeba v následujících krocích proměnnou od sezónnosti očistit.

Stejně jako u předchozí vysvětlované proměnné Inlace, v datovém souboru chybí hodnota 4. čtvrtletí 2016, kterou je nutno dopočítat. V datech se nenachází žádná odlehlá ani extrémně odlehlá hodnota.

#### **4.2.5 Vysvětlující proměnná Efekt**

Vysvětlující proměnná Efekt představuje efektivní úrokovou míru, kterou stanovuje americká centrální banka FED (Federal Reserve System). Data jsou udávána v procentech, čtvrtletní data jsou získána jako průměr uzavíracích měsíčních úrokových měr ze stránek FEDU.

**Graf 4.5 Vývoj vysvětlované proměnné Efekt (v %)**



*Zdroj: Vlastní zpracování dle dat FED*

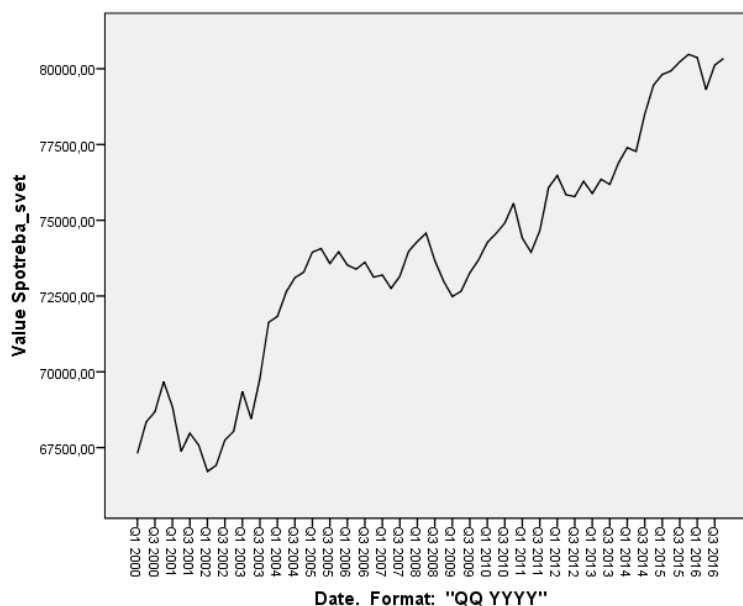
Konkrétní hodnoty efektivní úrokové míry americké centrální banky FED jsou vyobrazeny v Grafu 4.5. Ihned na začátku období lze zaznamenat vysokou hodnotu dané proměnné, která se pak následně snižovala. K dalšímu výraznému růstu úrokové míry došlo v předkrizovém období v roce 2005. Po vypuknutí krize efektivní úroková míra spadla k hodnotě 0 % a v této hodnotě se pohybuje až do současnosti.

Zkoumáním grafu lze dojít k závěru, že sezónnost ani trend proměnná neobsahuje. Dále lze říci, že u vysvětlované proměnné se nevyskytují žádné chybějící hodnoty, ani hodnoty odlehlé.

#### **4.2.6 Vysvětlující proměnná Spotřeba\_svět**

Následující proměnná představuje světovou spotřebu ropy měřenou v milionech barelů za jeden den. Čtvrtletní hodnoty jsou vypočteny jako průměr měsíčních hodnot denní celosvětové spotřeby ropy. Data jsou získána jako měsíční průměry ze stránek Ycharts.

**Graf 4. 6 Vývoj vysvětlující proměnné Spotřeba\_svět (mil. barelů)**



*Zdroj: Vlastní zpracování dle dat Ycharts*

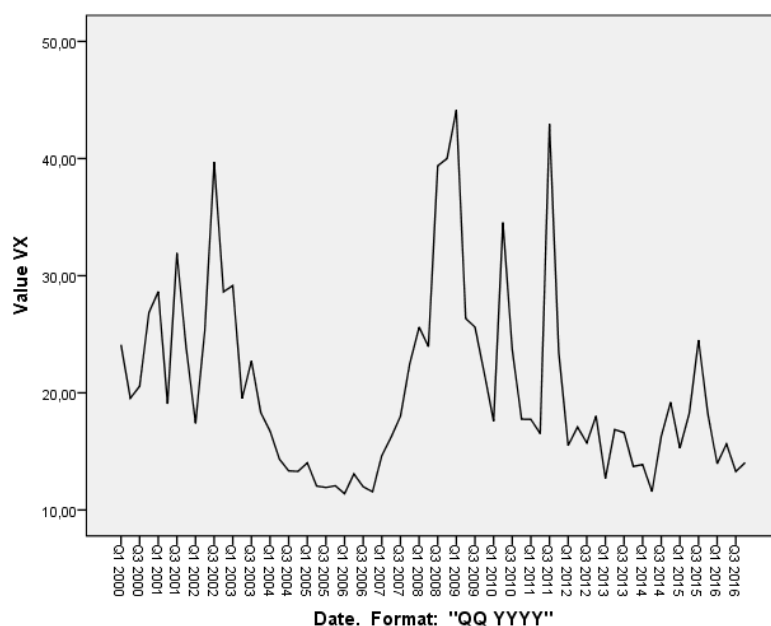
V Grafu 4.6 jsou vyobrazeny průměrné denní hodnoty spotřeby ropy. V období mezi roky 2000 a 2001 je možno spatřit nárůst celosvětové spotřeby, která se blížila až k hodnotě 70 000 mil. barelů za den. V roce 2001 však došlo ke snížení spotřeby, jeden z faktorů snížení lze přisoudit 11. září 2001, kdy po teroristických útocích došlo ke krátkodobému útlumu leteckého průmyslu, jenž je považován za výrazný, co se týče spotřeby ropy. Následně, do roku 2005, došlo ve světě opět ke zvýšení spotřeby ropy, v absolutním vyjádření šlo o nárůst 5 000 mil. barelů za 4 roky. Po krátkodobé volatilitě spotřeby, za kterou lze vidět krizi, došlo poté opět k nárůstu celosvětové spotřeby ropy, který pokračuje až do současnosti.

Při analýze časové řady lze vidět variabilitu. Co se týče sezónnosti, lze říci že u proměnné není zaznamenána. Avšak z grafu je patrný rostoucí trend, tudíž řada je nestacionární. Dále lze říci, že proměnná obsahuje data z celého sledovaného období. Žádné odlehlé hodnoty se nevyskytují.

#### **4.2.7 Vysvětlující proměnná VIX**

Poslední vysvětlující proměnnou je index VIX, známý jako index volatility neboli také index strachu na akciových trzích. Tento index zaznamenává 30denní volatilitu na trzích. Jedná se o bezrozměrnou jednotku, čtvrtletní data jsou získána jako průměr měsíčních uzavíracích hodnot ze stránek FEDU.

**Graf 4.7 Vývoj vysvětlující proměnné VIX (bezrozm. jedn.)**



*Zdroj: Vlastní zpracování dle dat FED*

Z Grafu 4.7 je vidět značnou volatilitu a rozkolísanost indexu VIX. V prvních čtvrtletích sledovaného období je možno vidět velké výkyvy indexu, avšak hodnota strachu na trzích dosáhla v roce 2003 vysokého rozměru. Poté došlo k poklesu indexu, což lze vysvětlit uklidněním situace na trzích až do vypuknutí krize v roce 2007. Poté došlo k prudkým nárůstům, za kterými je možno spatřit nestabilitu na trzích. Po uklidnění situace, od roku 2012, došlo ke značné stabilizaci, hodnota indexu se dá považovat za relativně konstantní, výrazné výkyvy nejsou pozorovány.

Co se týče časové řady, provází ji značná variabilita. Sezónnost v indexu VIX prokázat nelze, trend zde není. Vysvětlovaná proměnná obsahuje data za celá sledované období, nevyskytují se žádné chybějící hodnoty. Avšak při zkoumání extrémních hodnot lze poukázat na pět odlehlých pozorování. Jelikož hodnoty jsou pouze odlehlé, nikoliv však extrémně odlehlé, není nutné je nahradit.

#### **4.2.8 Analýza chybějících proměnných**

Jak bylo již u předchozí kapitoly naznačeno, z důvodu nejistitelnosti aktuálních údajů v době zpracování je potřeba u vysvětlujících proměnných Inflation a Dodávky\_USA dopočíst chybějící hodnoty ve 4. čtvrtletí roku 2016. Pro výpočet proměnných použijeme vzorec (2.2). Doplnění hodnot je provedeno v programu SPSS pomocí funkce „*Replace missing values*“. Následně jsou doplněné hodnoty zobrazeny v Tab. 4.1, pro srovnání jsou porovnány se zaznamenanými údaji dané proměnné v předchozích čtvrtletích.

Tab. 4. 1 Doplnění proměnných

	Inflace	Dodavky_USA
1.Q.2016	1,08 %	589 850
2.Q.2016	1,05 %	589 054,33
3.Q.2016	1,12 %	610 346
4.Q.2016	2,19 %	598 134,95

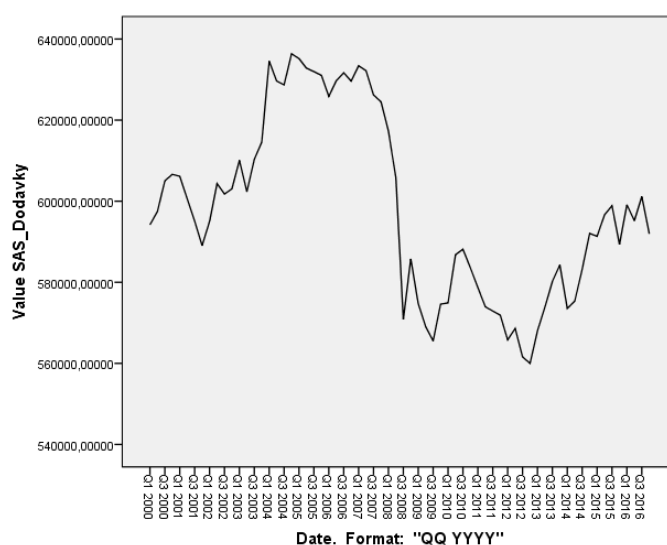
#### 4.2.9 Dekompozice proměnných

Jak již bylo dříve zmíněno, u proměnných se zaznamenaným trendem, je nutné provést dekompozici, při které je proměnná zbavena zmíněného trendu. Dekompozice je sestrojena v programu SPSS pomocí funkce „*Seasonal Decomposition*“.

Trend je posouzen u proměnné Dodavky\_USA, u ostatních proměnných není patrný. Z tohoto důvodu je v následující části provedena pouze dekompozice zmíněné proměnné. Vzhledem k obecnějšímu charakteru je vybrána multiplikativní metoda dekompozice dle vzorce (2.4).

Proměnná Dodavky\_USA je po provedení dekompozice změněna na SAS\_Dodavky. Její vývoj je zachycen v Grafu 4.8, konkrétní hodnoty pro multiplikativní metodu v Příloze č.4.

Graf 4.8 Sezónně očištěná proměnná Dodavky\_USA



#### 4.3 Korelace proměnných

Po vymezení časových řad je již možno přejít k jejich analýze. V této části dojde k vyjádření základního vztahu mezi proměnnými, tedy korelaci.

Prvním krokem v této části je vytvoření tzv. bivariantní korelační matice. Tato matice slouží k zjištění vzájemné závislosti mezi jednotlivými proměnnými. Konkrétní hodnoty jsou vyobrazeny v Tab. 4.2.



**Tab. 4. 2 Korelační tabulka proměnných**

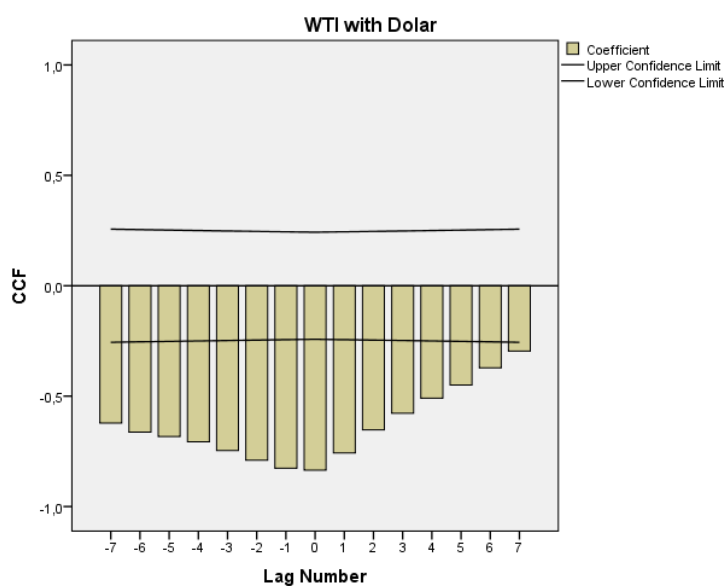
		<b>WTI</b>	<b>Dolar</b>	<b>Inflace</b>	<b>SAS_Dod.</b>	<b>Efekt</b>	<b>Spotřeba_sv.</b>	<b>VIX</b>
<b>WTI</b>	Pears.C.	1	-,835**	,152	-,424**	-,331**	,519**	-,108
	Sig.		,000	,215	,000	,006	,000	,381
<b>Dolar</b>	Pears.C.	-,835**	1	-,046	,190	,357**	-,492**	,110
	Sig.	,000		,707	,120	,003	,000	,373
<b>Inflace</b>	Pears.C.	,152	-,046	1	,406**	,572**	-,323**	-,019
	Sig.	,215	,707		,001	,000	,007	,876
<b>Dodavky.</b>	Pears.C.	-,424**	,190	,406**	1	,632**	-,259*	-,302*
	Sig.	,000	,120	,001		,000	,033	,012
<b>Efekt</b>	Pears.C.	-,331**	,357**	,572**	,632**	1	-,536**	-,074
	Sig.	,006	,003	,000	,000		,000	549
<b>Spotřeba</b>	Pears.C.	,519**	-,492**	-,323**	-,259*	-,536**	1	-,355
	Sig.	,000	,000	,007	,033	,000		,003
<b>VIX</b>	Pears.C.	-,108	,110	-,019	-,302*	-,074	-,355**	1
	Sig.	,381	,373	,876	,012	,549	,003	

V Tab. 4.2 je zobrazena korelační matice všech proměnných. Lze si povšimnout poměrně vysoké korelace mezi vysvětlovanou proměnou WTI a vysvětlujícími proměnnými Dolar, Dodavky\_USA a Spotřeba\_svět. U vysvětlované proměnné Efekt, již korelace není tak vysoká, přesto je významná. U vysvětlujících proměnných Inflace a VIX je prokázána pouze malá korelační závislost, která není statisticky významná. Jelikož proměnné teoreticky ovlivňují vysvětlovanou proměnnou a vychází i z rámce ekonomické teorie, rozhodneme se je v projektu ponechat.

#### **4.4 Analýza zpoždění časových řad**

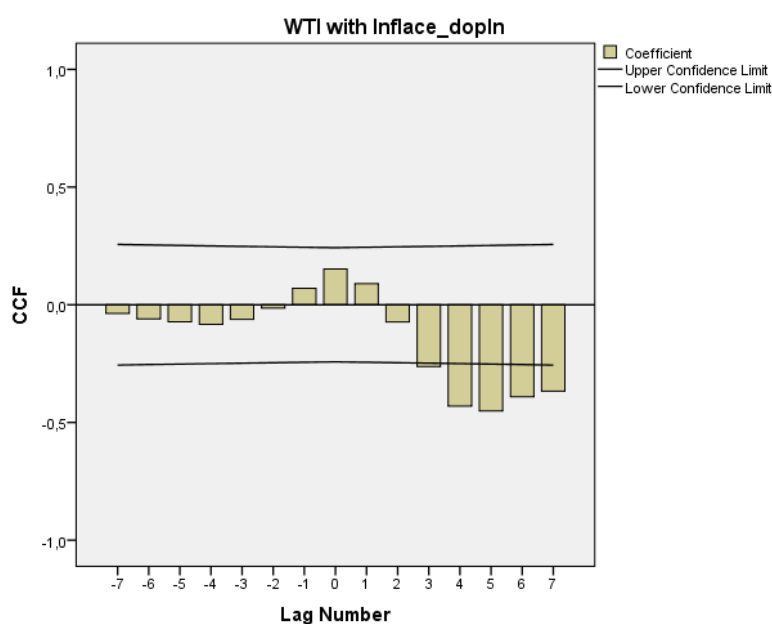
Dalším důležitým krokem je analýza zpoždění časových řad. Tuto část je nutno provést k určení, zda se vysvětlující proměnné k vysvětlované proměnné zpožďují, či naopak. Jedná se o důležitou část, jelikož posuzují vztah vysvětlujících proměnných k proměnné vysvětlované a pomoci nichž lze získat lepší přehled o případných časových zpožděních. Tato skutečnost může ovlivnit vývoj vůči vysvětlované proměnné. Závislosti jsou vyobrazeny v následujících grafech.

**Graf 4.9 Závislost WTI na Dolar**



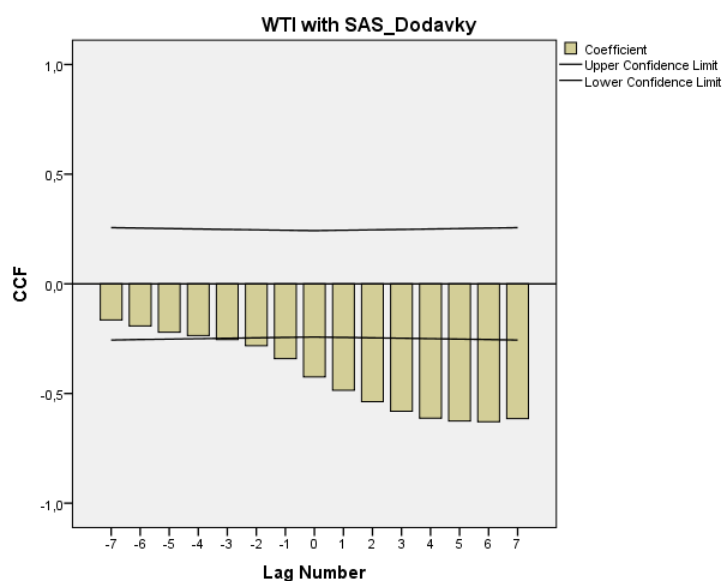
Jak je z Grafu 4.9 patrné, závislost proměnné Dolar vůči vysvětlované proměnné WTI je velice vysoká a nejvyšších hodnot dosahuje ve stejném období, tudíž neobsahuje žádné zpoždění.

**Graf 4.10 Závislost WTI na Inflace**



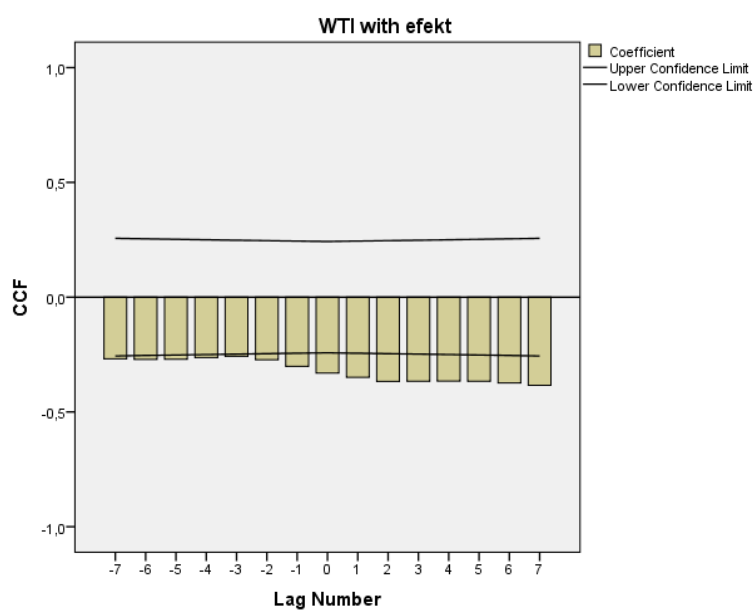
V Grafu 4.10 je zaznamenána závislost vysvětlující proměnné Inflace k vysvětlované proměnné WTI. Nejvyšší kladné korelační závislosti je dosaženo ve stejném období, tudíž z tohoto pohledu není zaznamenáno žádné zpoždění. Nejvyšší zápornou korelaci lze vidět v pátém období, tudíž je možno říci, že Inflace je vůči WTI opožděná o pět čtvrtletí.

**Graf 4.11 Závislost WTI na Dodavky\_USA**



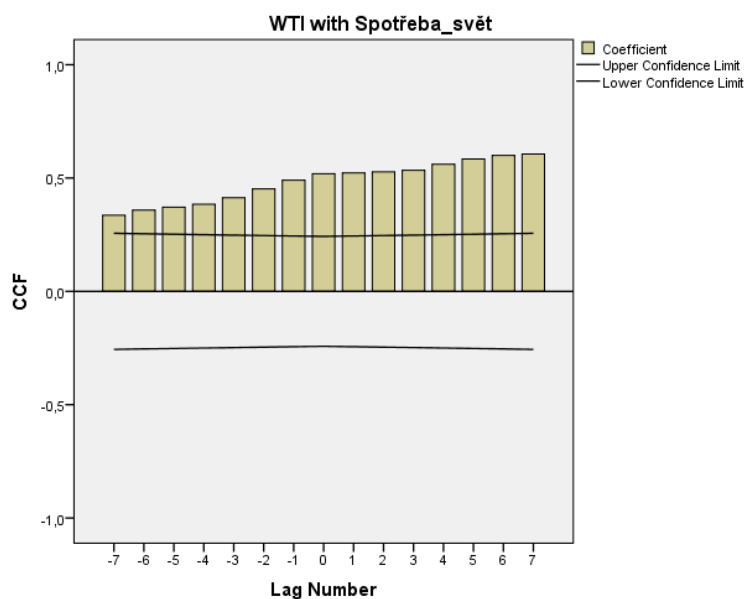
Z Grafu 4.11 lze vyčíst, že k nejvyšší hodnotě korelace mezi proměnnými Dodavky\_USA a WTI dochází v pátém období. Jinými slovy proměnná Dodavky\_USA je oproti proměnné WTI opožděna o pět čtvrtletí.

**Graf 4.12 Závislost WTI na Efekt**



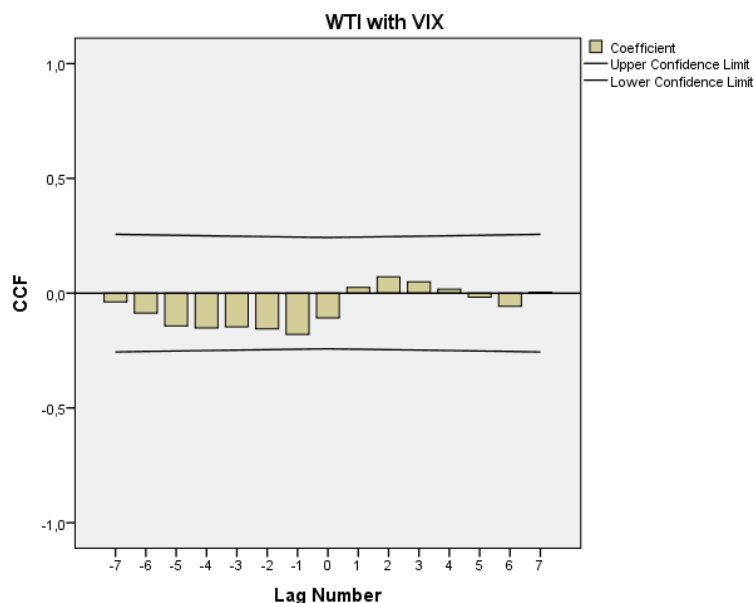
Z Grafu 4.12 je vidět negativní korelační závislost mezi vysvětlovanou proměnnou WTI a vysvětlující proměnnou Efekt. Je možno vidět časové zpoždění, dle vytvořeného grafu je hodnota efektivní úrokové míry opožděna o sedm období, tedy o sedm čtvrtletí.

**Graf 4.13 Závislost mezi WTI a Spotřeba\_svět**



Graf 4.13 zachycuje korelační závislost mezi vysvětlující proměnnou Spotřeba\_svět a vysvětlovanou proměnnou WTI. Stejně jako v několika předchozích grafech není nejvyšší korelace zaznamenána ve stejném období. Nejvyšší hodnotu lze spatřit v sedmém období, tudíž proměnná Spotřeba\_svět je vůči WTI opožděna o sedm čtvrtletí.

**Graf 4.14 Závislost mezi WTI a VIX**



Poslední korelační závislost mezi vysvětlující proměnnou index VIX a cenou ropy, je zachycena v Grafu 4.14. Z grafu lze opět vyčíst, že k závislosti nedochází ve stejném období, ale nejvyšší korelační závislost je zaznamenána o jedno období zpět. Z toho lze usoudit závěr, že vysvětlovaná proměnná WTI se zpožďuje o jedno období, ve srovnání s vysvětlující proměnnou VIX.

## 4.5 Výběr vhodného modelu

Stejně, jako pro lineární časovou řadu, byly vytvořeny další varianty časových řad pro bližší zkoumání modelu. Konkrétně se jedná o již zmíněný lineární model, dále model, kdy vysvětlovaná i vysvětlující proměnné jsou uvedeny v logaritmech, varianta v diferencích zkonstruovaná obdobným způsobem a v neposlední řadě možná kombinace přístupů, označena jako model X. Jeho formulace zní,

$$\ln WTI_t = \beta_0 + \beta_1 \cdot Dolar_t + \beta_2 \cdot Inflace_t + \beta_3 \cdot \ln Dodavky_{USA_t} + \beta_4 \cdot Efekt_t + \beta_5 \cdot \ln Spotřeba_{svět_t} + \beta_6 \cdot VIX_{t-1} + u_t.$$

Tyto řady jsou následně analyzovány, stejně jako byla řada výše. Na základě zaznamenaných dat a skutečností vznikla Tab. 4.3, kde jsou zobrazeny zásadní parametry modelu. Kompletní vypočtené statistické závislosti jsou uvedeny v Příloze č. 4.

Tab. 4.3 Výběr vhodného modelu

	Lineární	Logaritmy	Diference	X
Adj. R <sup>2</sup>	0,867	0,892	0,518	0,908
β1 (Dolar)	-381,889**	-5,274 **	-293,824**	-7,130**
β2 (Inflace)	6,423**	0,088	6,310**	0,061**
β3 (Dodavky)	-0,001	-5,490**	0,000	-5,043**
β4 (efekt)	2,013**	0,85**	2,042	0,049**
β5 (Spotřeba)	0,02	3,056	0,000	2,588**
β6 (VIX)	-0,315	-0,077	-0,314**	-0,007**
F-test	OK	OK	OK	OK

Z Tab. 4.3 lze vyčíst, že nejlepších výsledků je dosaženo u poslední varianty nazvané X. Oproti jiným variantám lze vidět nejvyšší statistickou významnost zobrazenou prvním řádkem v tabulce, a také statistickou významnost všech koeficientů na požadované hladině  $\alpha$ , které jsou potvrzeny dvěma hvězdičkami u hodnoty koeficientů. Z těchto důvodů je vybrána poslední možnost.

## 4.6 Odhad lineárního regresního modelu

Po provedení předchozích kroků již můžeme vytvořit konkrétní model a pomocí metody nejmenších čtverců provést následnou regresi. V následujících tabulkách jsou přiblíženy výsledky regrese.

Tab. 4.4 Regrese

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
Regression	,957 <sup>a</sup>	,916	,908	,14823	,874

Z Tab. 4.4 je patrné, že hodnota R, respektive  $R^2$  je poměrně vysoká, pohybuje se nad hranicí 90 %. Naproti tomu výsledná hodnota Durbin-Watson je poměrně nízká, což značí možné problémy s autokorelací.

Tab. 4.5 Regrese

Model	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
<b>Regression</b>	14,665	6	2,444	111,239	,000 <sup>b</sup>
<b>Residual</b>	1,340	61	,022		
<b>Total</b>	16,005	67			

Tab. 4.5 je důležitá k určení statistické významnosti modelu. Jak lze vidět, hodnota Sig. je rovna nule, tudíž lze prohlásit, že model je signifikantní. Druhou hodnotu, stojící za povšimnutí, je F-hodnota, která je později využita při statistické verifikaci modelu.

Tab. 4.6 Koeficienty proměnných

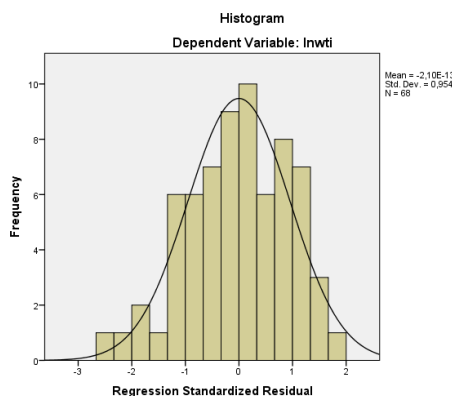
	Beta	Std. Error	t	Sig.
<b>(Constant)</b>	46,921	10,960	4,281	,000
<b>Dolar</b>	-7,130	,467	-15,258	,000
<b>Inflace_dopln</b>	,061	,019	3,295	,002
<b>lnDodavky_USA</b>	-5,043	,657	-7,678	,000
<b>Efekt</b>	,049	,015	3,323	,002
<b>lnSpotřeba_svět</b>	2,588	,543	4,767	,000
<b>lagVIX</b>	-,007	,003	-2,384	,020

V Tab. 4.6 jsou vyobrazeny vypočtené koeficienty, jejich hodnota a také jejich významnost. Jedná se o velice důležitou součást při sestavování modelu. Lze říci, že všechny hodnoty v modelu jsou významné, v tabulce žádná hodnota Sig. není vyšší než 5 %, tudíž není třeba žádnou z proměnných vyřadit. Z vypočtených koeficientů je již možno sestavit model pro verifikace WTI, a to v tomto vyjádření:

$$\ln WTI_t = 46,921 - 7,13 \cdot Dolar_t + 0,061 \cdot Inflace_t - 5,043 \cdot \ln Dodavky\_USA_t + 0,049 \cdot Efekt_t + 2,588 \cdot \ln Spotřeba\_svět_t - 0,007 \cdot VIX_{t-1} + u_t$$

Histogram modelu se je zobrazen v Grafu 4.15.

Graf 4. 15 Histogram modelu



V Grafu 4.15 je znázorněn histogram standardizovaných reziduí. Je možno říci, že histogram reziduí vyšel relativně dobře, zešikmení je u reziduí pouze minimální.

## 4.7 Statistická verifikace

Po vytvoření modelu je třeba provést statistickou verifikaci modelu. V této práci je zaměřena na dvě metody, konkrétně na T-test a F-test.

### 4.7.1 T-test

T-test slouží k vyjádření významnosti koeficientů. Aby byly koeficienty významné, vypočtená T-hodnota musí převyšovat hodnotu T-kritickou.  $T_{vyp}$  je definována dle vzorce (2.6) a hodnota  $T_{krit}$  je vypočtena pomocí funkce programu Microsoft Excel TINV. Výsledné hodnoty z programu SPSS a následné porovnání s  $T_{krit}$  je zaznamenáno v Tab. 4.7.

Tab. 4. 7 T-test

	Beta	Error	$ T_{vyp} $	$T_{krit}$
Constant	46,921	10,960	4,281	1,999624
Dolar	-7,130	,467	15,268	1,999624
Inflace	,061	,019	3,211	1,999624
lnDodavky_USA	-5,043	,657	7,676	1,999624
Efekt	,049	,015	3,267	1,999624
lnSpotřeba_svět	2,588	,543	4,766	1,999624
VIXt-1	-,007	,003	2,333	1,999624

Jak je z Tab. 4.7 patrné, u všech proměnných  $T_{vyp}$  převyšuje  $T_{krit}$ , tudíž všechny koeficienty jsou významné a lze s nimi v regresním modelu dále pracovat.

### 4.7.2 F-test

Pomocí F-testu lze odpovědět na otázku, zda je model významný jako celek. Opět platí předpoklad, že  $F_{vyp}$  musí být vyšší než  $F_{krit}$ . Obě tyto hodnoty jsou vypočteny dle vzorce (2.8). Vypočtené hodnoty F-testu jsou uvedeny v Tab. 4.8 na základě zpracování v programu SPSS.

Tab. 4. 8 F-test

ESS	RSS	$F_{vypočtené}$	$F_{krit}$
14,665	1,340	111,239	2,251

Z Tab. 4.8 lze usoudit, že  $F_{vypočtené}$  převyšuje  $F_{krit}$ , tudíž model je statisticky významný jako celek na hladině  $\alpha$ .

## 4.8 Ekonomická verifikace

Následující část projektu se zabývá testováním časových řad modelu. Dochází zde ke kontrole všech podmínek a předpokladů, jež jsou důležité pro vytvoření co nejvhodnějšího vícerozměrného modelu.

Je nezbytně nutné, aby byly všechny předpoklady splněny. Podkapitoly, které budou následovat, se tedy postupně zabývají autokorelací, heteroskedasticitou, multikolinearitou, specifikací modelu a v neposlední řadě kontrolou normality rozdělení.

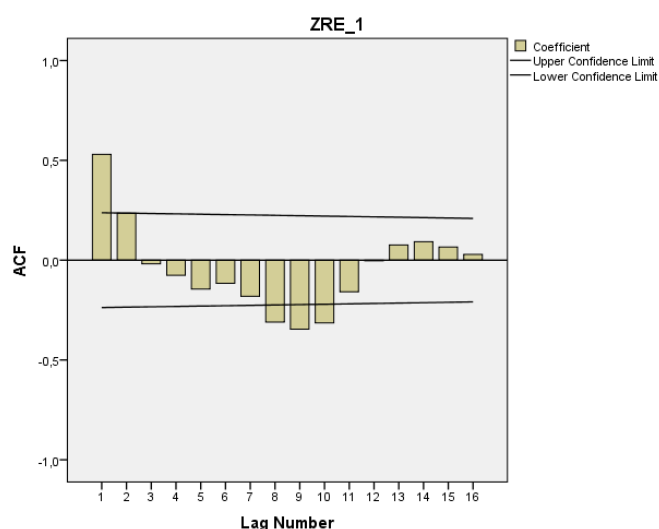
#### 4.8.1 Autokorelace

V následující části práce jsou použity grafické a početní metody k otestování autokorelace. Grafické posouzení závislosti reziduální složky na zpožděných hodnotách je provedeno pomocí grafů autokorelační funkce (ACF) a následně parciální autokorelační funkce (PACF). K početnímu testování je použit Durbinův-Watsonův test autokorelace.

##### ACF graf

Jako první metoda k posouzení autokorelace je vybrán ACF graf. Výpočet hodnot v grafu je vyjádřen podle vzorce (2.9).

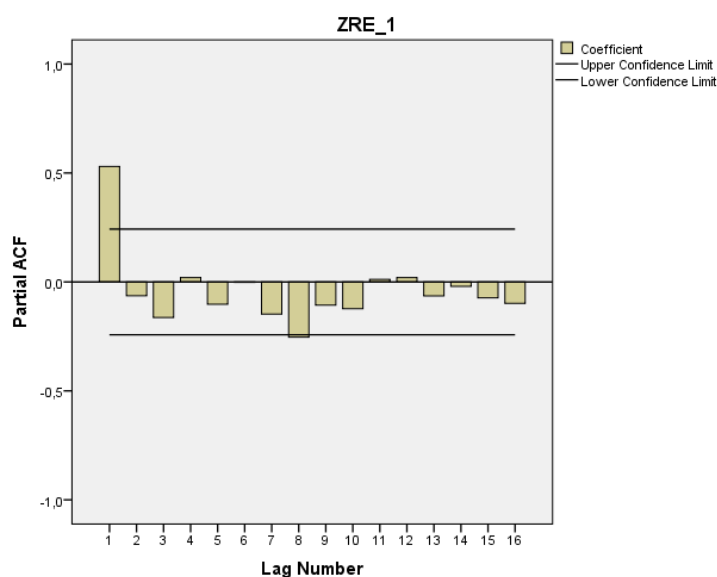
Graf 4.16 ACF graf



Z Grafu 4.16 je možno odhadnout, zda je v modelu významná autokorelace. Pokud se hodnota pohybuje nad vymezeným konfidenčním intervalem, v modelu se vyskytuje autokorelace. Při bližším pohledu do grafu je modelu patrná výrazná autokorelace prvního řádu. Co se týče autokorelace druhého řádu, ta se v modelu, ať těsně, tak nevyskytuje. Následující hodnoty záporné autokorelace, které přesahují hranici v 8., 9. a 10. intervalu, již nejsou pro model významné. Domněnka autokorelace prvního řádu je podpořena také parciálním autokorelačním Grafem 4.17, který je vypočten dle vzorce (2.10).



**Graf 4.17 PACF graf**



V Grafu 4.17 vyjadřuje výsledná hodnota sériovou závislost o jedno nebo případně více období. Lze usoudit, že zpoždění o jedno období je velice výrazné, což poukazuje na autokorelaci prvního řádu.

Z grafů tedy vyplývá, že v modelu je patrně obsažena autokorelace prvního řádu, je však třeba ji ověřit početním testem.

#### **4.8.2 Durbin-Watsonův test**

DW test slouží k otestování autokorelace prvního řádů. Pro reziduální složku vychází test ze vzorců (2.11), (2.12) a (2.13). Je potřeba otestovat již nadefinovanou nulovou hypotézu o neexistenci autokorelace prvního řádu.

Kritickou hodnotu lze vypočíst dle zjištěných charakteristik modelu, které spočívají v 68 pozorováních a 7 proměnných. Kritické hodnoty odpovídající zjištěným předpokladům jsou  $d_L = 1,42171$  a  $d_U = 1,80318$ .

Kritické hodnoty porovnáme s hodnotou DW, která vyšla z odhadu regrese. Její hodnota je 0,874. Následným porovnáním zjistíme, že DW statistika v hodnotě 0,874 se nenachází ve vypočteném intervalu (1,42171; 1,80318). Tímto zjištěním zamítáme nulovou hypotézu, jelikož v modelu existuje autokorelace prvního řádu.

#### **4.9 Zmírnění autokorelace**

V následné části jsou vyzkoušeny postupy, jak v modelu snížit hodnotu autokorelace. Jelikož není žádoucí, aby se v modelu vyskytovala autokorelace, je třeba se pokusit o její odstranění, případně snížení. Základní postupy pro odstranění autokorelace spočívají v přidání

trendové proměnné, přidání zpožděné vysvětlované proměnné nebo použití tzv. Cochrane-Orcutt metody.

#### 4.9.1 Přidání trendové proměnné

První pokus o zmírnění autokorelace spočívá v přidání trendové proměnné. Při aplikaci této metody vypadá zápis modelu v následujícím znění,

$$\ln WTI_t = \beta_0 + \beta_1 \cdot Dolar_t + \beta_2 \cdot Inflace_t + \beta_3 \cdot \ln Dodavky\_USA_t + \beta_4 \cdot Efekt_t + \beta_5 \cdot \ln Spotřeba\_svět_t + \beta_6 \cdot VIX_{t-1} + \beta_7 \cdot trend_t + u_t.$$

Při použití tohoto znění modelu nám vyjdou následující charakteristiky, které jsou zaznamenány v Tab. 4.9.

Tab. 4.9 Výsledek regrese

Proměnná	Beta	Sig	Adjusted R-Square	DW
Konstanta	68,063	,000	0,916	0,899
Dolar	-7,069	,000		
Inflace	,076	,000		
lnDodavky_USA	-3,499	,000		
Efekt	,054	,000		
lnSpotřeba_svět	-1,177	,451		
VIX <sub>t-1</sub>	-,006	,039		
Trend	,012	,013		

Základní hodnoty v modifikovaném modelu jsou znázorněny v Tab. 4.9. Kompletní výsledky regrese jsou uvedeny v Příloze č. 5. Nová interpretace modelu nepatrně zlepšila vztah mezi vysvětlujícími proměnnými a proměnnou vysvětlovanou. Hodnota DW vzrostla pouze nepatrně, konkrétně z hodnoty 0,874 na hodnotu na 0,899. Problém však nastává při pozorování vysvětlujících proměnných. Při přidání nové trendové proměnné se stala vysvětlující proměnná lnSpotřeba\_svět dle tabulky nevýznamnou na hladině významnosti  $\alpha$ . V tomto znění model nelze využít, je třeba vyzkoušet další možnosti.

#### 4.9.2 Cochrane-Orcutt metoda

Základní princip CO metody je vysvětlen rovnicemi (2.18) a (2.19). Princip metody spočívá ve vytvoření transformované rovnice, kterou posléze odečteme od rovnice původní. Po úpravě lze rovnici vyjádřit ve tvaru,

$$\ln WTI_t - \rho \ln WTI_{t-1} = \beta_1(1 - \rho) + \beta_2 \cdot (Dolar_t - \rho Dolar_{t-1}) + \beta_3 \cdot (Inflace_t - \rho Inflace_{t-1}) + \beta_4 \cdot (\ln Dodavky\_USA_t - \rho \ln Dodavky\_USA_{t-1}) + \beta_5 \cdot (Efekt_t - \rho Efekt_{t-1}) + \beta_6 \cdot (\ln Spotřeba\_svět_t - \rho \ln Spotřeba\_svět_{t-1}) + \beta_7 \cdot (VIX_{t-1} - \rho VIX_{t-2}) + u_t - \rho u_{t-1}.$$

Konkrétní hodnoty modelu jsou vyobrazeny v Tab. 4.10, detailní pohled na regresi poté v Příloze č. 6.

**Tab. 4. 10 Výsledky modelu**

Proměnná	Beta	Sig	Adjusted R-Square	DW
CO_Dolar	-7,297	,000	0,995	1,161
CO_Inflace	,059	,012		
CO_Efekt	-,019	,360		
lnSpotřeba_svět	,808	,000		
CO_VIX <sub>t-1</sub>	-,005	,094		

V modelu lze vidět výrazné navýšení  $R^2$  statistiky. Také hodnota DW se zvýšila. Problém však nastává při pohledu na vysvětlující proměnné. Z Tab. 4.10 lze vyčíst, že vysvětlující proměnné CO\_efekt a CO\_lagVIX se staly nevýznamnými na hladině  $\alpha$ . Navíc proměnná CO\_lnDodavky byla z modelu úplně vyřazena. Lze tedy říci, že i přes zlepšení  $R^2$ , tento model není vhodný.

#### 4.9.3 Přidání zpožděné vysvětlované proměnné

Další možností, jak zmírnit hodnotu autokorelace, je přidání zpožděné vysvětlované proměnné. Model by tímto krokem vypadal následovně,

$$\ln WTI_t = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{Dolar}_t + \beta_2 \cdot \text{Inflace}_t + \beta_3 \cdot \ln \text{Dodavky\_USA}_t + \beta_4 \cdot \text{Efekt}_t + \beta_5 \cdot \ln \text{Spotřeba\_svět}_t + \beta_6 \cdot \text{VIX}_{t-1} + \beta_7 \cdot \ln WTI_{t-1} + u_t.$$

Tento model s novou vysvětlující proměnnou použijeme do regrese. Vybrané statistiky jsou vyobrazeny v Tab. 4.11, kompletní hodnoty regrese v Příloze č. 7.

**Tab. 4. 11 Výsledky regrese**

Proměnná	Beta	Sig	Adjusted R-Square	DW
Konstanta	33,021	,001	0,941	1,655
Dolar	-4,434	,000		
Inflace	,034	,033		
lnDodavky_USA	-2,855	,000		
Efekt	,028	,030		
lnSpotřeba_svět	,918	,081		
VIX <sub>t-1</sub>	-,006	,007		
WTI <sub>t-1</sub>	,433	,000		

Z Tab. 4.11 lze vidět, že došlo ke zlepšení významnosti modelu, tedy mezi závislostmi vysvětlované proměnné a proměnnými vysvětlujícími. Také statistická hodnota DW se výrazně zvětšila. Důležité je si také povšimnout hodnoty signifikance jednotlivých koeficientů. Při přidání zpožděné vysvětlované proměnné došlo ke snížení významnosti u proměnné

$\ln\text{Spotřeba\_svět}$ , která již nedosahuje požadovanou hladinu významnosti  $\alpha$ . O tomto modelu lze prohlásit, že je významný na hladině 10 %, avšak hladinu spolehlivosti 5 % nesplňuje.

O tom, zda tento model obsahuje autokorelaci prvního řádu nelze jistě rozhodnout, je třeba provést tzv. Durbinův modifikovaný asymptotický test dle vzorce (2.16)

Nyní provedeme výpočet  $|h|$  pro náš model. Za předpokladu, že  $n$  je 67,  $DW = 1,655$  a  $\widehat{\sigma^2}_{\beta_{Y_{t=1}}} = 0,078$ , tak hodnota  $|h|$  vyjde 0,68685.

Hranice pro  $H$  statistiku jsou stejné, jako u normálního rozdělení, tedy v intervalu  $(-1,96; 1,96)$ . Vypočtená hodnota  $|h|$  do intervalu náleží, lze tedy přijmout nulovou hypotézu a prohlásit, že tento model neobsahuje autokorelaci.

#### 4.9.4 Přidání zpožděné vysvětlované proměnné o dvě období

Jelikož předchozí model zvýšil statistickou závislost, a také hodnotu  $DW$ , je možno zkusit zpozdít vysvětlující proměnnou tentokrát o dvě období. Modelová rovnice je zobrazena v následujícím znění,

$$\ln WTI_t = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{Dolar}_t + \beta_2 \cdot \text{Inflace}_t + \beta_3 \cdot \ln \text{Dodavky\_USA}_t + \beta_4 \cdot \text{Efekt}_t + \beta_5 \cdot \ln \text{Spotřeba\_svět}_t + \beta_6 \cdot \text{VIX}_{t-1} + \beta_7 \cdot \ln WTI_{t-2} + u_t.$$

Pro model jsou vybrané jsou zaznamenány v Tab. 4.12 a posléze kompletní výsledky regrese v Příloze č. 8.

Tab. 4. 12 Výsledky regrese

Proměnná	Beta	Sig	Adjusted R-Square	DW
Konstanta	46,653	,000	0,931	1,226
Dolar	-5,728	,000		
Inflace	,054	,001		
$\ln \text{Dodavky\_USA}$	-4,128	,000		
Efekt	,043	,004		
$\ln \text{Spotřeba\_svět}$	1,356	,019		
$\text{VIX}_{t-1}$	-,008	,002		
$\text{WTI}_{t-1}$	,249	,001		

Na první pohled je možno říci, že tento model je lepší než model původní.  $R^2$  se zvýšilo, tudíž model je statisticky významnější a došlo také k nárůstu hodnoty  $DW$ . Co se týče koeficientů, je vidět oproti předchozímu modelu, že jsou všechny proměnné významné na hranici  $\alpha$  5 %. Tento model je tedy v pořádku, provedeme Durbinův modifikovaný asymptotický test. Test je proveden dle vzorce (2.16).

Za předpokladu, že  $n = 66$ , DW je 1,226 a  $\widehat{\sigma}_{\beta_{t=1}}^2 0,068$ , výsledná hodnota  $|h|$  je 1,683429. Výsledná hodnota  $|h|$  splňuje umístění v intervalu  $(-1,96; 1,96)$ . To znamená, že přijímáme nulovou hypotézu, tedy že v modelu již není autokorelace prvního řádu.

Lze tedy usoudit, že přidání zpožděné vysvětlované proměnné o dvě období je vhodná volba k odstranění autokorelace prvního řádu. Zápis upraveného modelu je následující v následujícím znění,

$$\ln WTI_t = \beta_0 + \beta_1 \cdot Dolar_t + \beta_2 \cdot Inflace_t + \beta_3 \cdot \ln Dodavky_{USA_t} + \beta_4 \cdot Efekt_t + \beta_5 \cdot \ln Spotřeba_{svět_t} + \beta_6 \cdot VIX_{t-1} + \beta_7 \cdot \ln WTI_{t-2} + u_t.$$

Po dosazení výsledných koeficientů z regrese je možno model vyjádřit takto,

$$\ln WTI_t = 46,653 - 5,728 \cdot Dolar_t + 0,054 \cdot Inflace_t - 4,128 \cdot \ln Dodavky_{USA_t} + 0,043 \cdot Efekt_t + 1,356 \cdot \ln Spotřeba_{svět_t} - 0,008 \cdot VIX_{t-1} + 0,249 \cdot \ln WTI_{t-2} + u_t.$$

#### 4.10 Heteroskedasticita

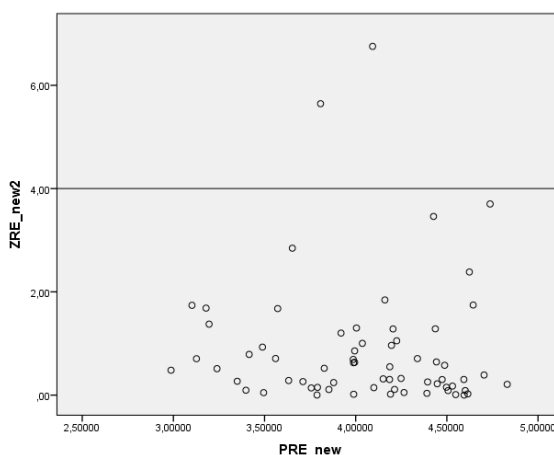
Další část práce je zaměřena na heteroskedasticitu. Toto slovo v doslovném překladu znamená různorozptýlnost, což znamená, že rozložení rozptylů reziduí se nevyvíjí lineárně.

Model je nutno otestovat z důvodu, zda je heteroskedasticita přítomna, jinými slovy, kdy rozptyl není konstantní. Testování je provedeno na základě grafického testu vývoje reziduí v čase a posléze proběhne ověření tzv. White testem.

##### 4.10.1 Vývoj reziduí v čase

Vývoj reziduí v čase použijeme při grafickém testování heteroskedasticity. Žádoucí je, aby se hodnoty reziduí pohybovaly ve vytyčeném intervalu. Pokud se 95 % reziduí v intervalu nachází, lze odhadnout, že heteroskedasticita v modelu neexistuje. Následující Graf 4.18 zobrazuje vývoj reziduí v čase.

Graf 4. 18 Vývoj reziduí v čase



Z Grafu 4.18 je patrné, že pouze dvě hodnoty se nenacházejí ve vytyčeném intervalu, tedy pod hodnotou 4. To znamená, že 95 % je uvnitř konfidenčního intervalu. Lze říci, že základní podmínka je splněna. Z grafu nelze říci, zda je obsažen nějaký trend. Co se týče heteroskedasticity, ta v modelu dle grafu obsažena není.

#### 4.10.2 White test

Jedná se o parametrický test sestavený na základě regresního modelu, ze kterého je nutno si stanovit rezidua. Ty jsou následně definovány vysvětlujícími proměnnými a poté rozšířeny dalšími parametry  $X_1^2$ ,  $X_2^2$  a  $X_1X_2$ . Tato skutečnost je zaznamenána dle vzorce (2.19). Aby v modelu neexistovala heteroskedasticita, je nutné potvrdit již dříve nadefinovanou nulovou hypotézu.

V modelu jsou důležité hodnoty stupňů volnosti a hodnota R-Square. Pro nadefinovaný model jsou výsledné hodnoty vyobrazeny v Tab. 4.13, všechny zaznamenané hodnoty v Příloze č. 9.

Tab. 4. 13 Vybrané hodnoty z regrese

Model	Df	R-Square
Regression	21	0,292
Residual	44	
Total	65	

Nyní již lze přikročit k porovnání kritické a vypočtené hodnoty.  $\chi_{vyp}^2$  je pro model 19,272,  $\chi_{krit}^2$  32,6705. Z toho vyplývá, že  $\chi_{vyp}^2 < \chi_{krit}^2$ , tudíž přijímáme nulovou hypotézu na hladině významnosti 5 %. V modelu se tedy nevyskytuje heteroskedasticita.

#### 4.11 Multikolinearita

Další důležitý předpoklad, nutný k otestování, je neexistence multikolinearity mezi vysvětlujícími proměnnými. Pro vytvoření vhodného modelu je žádoucí, aby byl stupeň multikolinearity nízký, tedy menší než hodnota 0,8. Pokud by tento předpoklad nebyl splněn, mohlo by dojít ke zkreslení a nadhodnocení zkoumaných statistik.

K otestování multikolinearity jsou použity dvě metody, a to metoda párových korelačních koeficientů a míry korelovatelnosti.

##### 4.11.1 Metoda párových korelačních koeficientů

Jako první je použita metoda párových korelačních koeficientů, pomocí které lze zjistit, zda je základní testovací pravidlo pro neexistenci multikolinearity splněno. Konkrétně, zda korelace dvou vysvětlujících proměnných je nižší nebo rovna hodnotě 0,8. V případě, kdy by

mezi vysvětlujícími proměnnými byla nalezena korelace vyšší než zmíněná hodnota, v modelu je přítomna multikolinearita.

**Tab. 4. 14 Korelační koeficienty**

		<b>Dolar</b>	<b>Inflace</b>	<b>SAS_Dod.</b>	<b>efekt</b>	<b>Spotřeba_sv.</b>	<b>VIX</b>	<b>WTI<sub>t-2</sub></b>
<b>Dolar</b>	Pears.C.	1	-,046	,201	,357**	-,514**	,130	-,736**
	Sig.		,707	,100	,003	,000	,290	,000
<b>Inflace</b>	Pears.C.	-,046	1	,404**	,572**	-,313**	-,215	-,055
	Sig.	,707		,001	,000	,009	,079	,664
<b>Dodavky.</b>	Pears.C.	,201	,404**	1	,633**	-,258*	-,350**	-,483**
	Sig.	,100	,001		,000	,034	,003	,000
<b>Efekt</b>	Pears.C.	,357**	,572**	,633**	1	-,534**	-,171	-,349**
	Sig.	,003	,000	,000		,000	,163	,004
<b>Spotřeba</b>	Pears.C.	-,514**	-,313**	-,258*	-,534**	1	-,351**	,639**
	Sig.	,000	,009	,034	,000		,003	,000
<b>VIX</b>	Pears.C.	,130	-,215	-,350**	-,171	-,351**	1	-,062
	Sig.	,290	,079	,003	,163	,003		,623
<b>WTI<sub>t-2</sub></b>	Pears.C.	-,736**	-,055	-,483**	-,349**	,639**	-,062	1
	Sig.	,000	,664	,000	,004	,000	,623	

V Tab. 4.14 je vidět vyjádření párových korelací mezi proměnnými. Z podrobného zkoumání tabulky lze vyvodit závěr, že mezi vysvětlujícím proměnnými neexistuje multikolinearita, žádný koeficient není vyšší než hraniční hodnota 0,8 (vyjma diagonály).

#### 4.11.2 Míra korelovatelnosti

Další testování multikolinearity proběhne pomocí míry korelovatelnosti. Pro tento způsob testu platí dvě pravidla, která prokazují nepřítomnost multikolinearity v modelu. Prvním je, že hodnota Tolerance je větší než 0,1. Druhé pravidlo je možno popsat tak, že ukazatel VIF je menší než hodnota 10. Konkrétní údaje jsou uvedeny v Tab. 4.15.

**Tab. 4. 15 Míry korelovatelnosti proměnných**

<b>Proměnná</b>	<b>Koeficient</b>	<b>VIF</b>	<b>Tolerance</b>
<b>Konstanta</b>	46,653		
<b>Dolar</b>	-5,728	2,782	,359
<b>Inflace</b>	,054	1,759	,569
<b>lnDodavky_USA</b>	-4,128	3,118	,321
<b>Efekt</b>	,043	3,374	,296
<b>lnSpotřeba_svět</b>	1,356	3,223	,310
<b>VIX<sub>t-1</sub></b>	-,008	1,651	,606
<b>WTI<sub>t-2</sub></b>	,249	4,624	,216

Z Tab. 4.15 je možno prokázat, že v modelu není obsažena autokorelace, na což poukazují hodnoty Tolerance i VIF, které splňují oba zmíněné předpoklady.

Lze tedy přijmout závěr, že v modelu neexistuje multikolinearita.

## 4.12 Specifikace modelu

V následující části je pozornost věnována specifikace modelu. Tato část je důležitá, jelikož je možno zjistit, zda se v modelu nachází specifikační chyba či je vynechána nebo zapomenuta důležitá proměnná. Specifikace modelu je provedena pomocí tzv. Ramsey-Reset testu.

### 4.12.1 Ramsey-Reset test

Ramsey-Reset test dává odpověď na otázku, zda je v modelu možný problém specifikační chyby. Chybná specifikace může nastat při špatné funkční formě proměnné či nezapojení zásadní vysvětlující proměnné. Aby byl model správně specifikován, je třeba potvrdit již nadefinovanou nulovou hypotézu. Test je proveden dle vzorce (2.25).

Princip testu spočívá v zapojení dvou nestandardizovaných predikovaných hodnot původního modelu, v konkrétním zápise v tomto znění:

$$\ln WTI = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{Dolar}_t + \beta_2 \cdot \text{Inflace}_t + \beta_3 \cdot \ln \text{Dodavky\_USA}_t + \beta_4 \cdot \text{Efekt}_t + \beta_5 \cdot \ln \text{Spotřeba\_svět}_t + \beta_6 \cdot \text{VIX}_{t-1} + \beta_7 \cdot \ln WTI_{t-2} + \beta_8 \cdot \widehat{Y}_t^2 + \beta_9 \cdot \widehat{Y}_t^3 + u_t.$$

V následné Tab. 4.16 jsou vyobrazeny hodnoty původního i nově vytvořeného modelu.

Tab. 4. 16 Koefficienty původního a nově specifikovaného modelu

Proměnná	Původní model		Nově specifikovaný model	
	Koeficient	Sig.	Koeficient	Sig.
Konstanta	46,653	,000	-1,590	,961
Dolar	-5,728	,000	-1,651	,539
Inflace	,054	,001	-,002	,955
lnDodavky_USA	-4,128	,000	-,332	,896
Efekt	,043	,004	,018	,414
lnSpotřeba_svět	1,356	,019	,880	,170
VIX <sub>t-1</sub>	-,008	,002	-,001	,871
WTI <sub>t-2</sub>	,249	,001	,056	,693
Y <sup>3</sup>			,016	,125
Adjusted R-Square	<b>0,931</b>		<b>0,933</b>	

Z nově vytvořeného modelu vyplývá, že  $R^2$  je vyšší pouze nepatrně. Výrazný problém jde vidět u koeficientů, kdy se naprosto všechny staly nevýznamnými na hladině významnosti  $\alpha$ . Proměnná  $Y_1^2$  byla z modelu dokonce vyloučena. Lze říci, že model je správně specifikován, tuto skutečnost si ještě ověříme testem.

Pro zaznamenané hodnoty platí, že  $F_{vyp}$  je 1,8714 a  $F_{krit}$ , dle funkce programu FINV programu Microsoft Excel, 3,1588.

Z výsledných hodnot vyplývá, že  $F_{krit} > F_{vyp}$ , potvrzujeme definovanou nulovou hypotézu na hladině významnosti 5 %, model je tudíž správně specifikován.



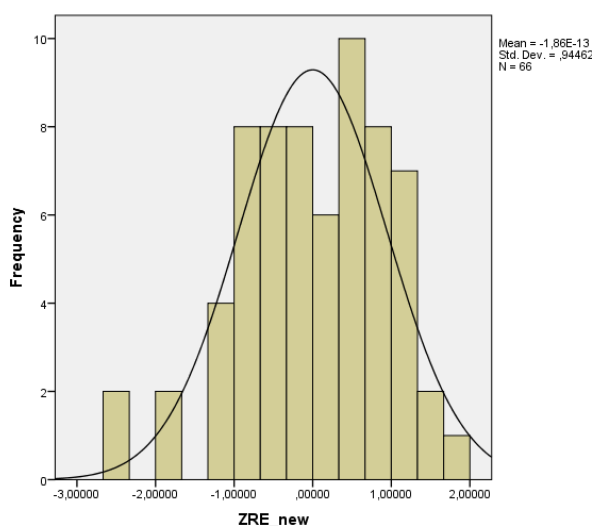
### 4.13 Testování normality reziduí

Za další krok ekonomické verifikace modelu je možno považovat testování předpokladu, zda náhodná složka má normální rozdělení. Normální rozdělení vyplývá ze dvou základních předpokladů, které jsou kladeny na model. Prvním předpokladem je, že střední hodnota náhodné složky je nulová. Za druhý předpoklad lze považovat skutečnost, že rozptyl náhodné chyby je konstantní. Otestování proběhne nejprve pomocí histogramu reziduí, a poté tzv. Kolmogorův-Smirnovův test.

#### 4.13.1 Histogram reziduí

V grafickém testu je provedeno srovnání rozložení standardizovaných reziduí s normovaným normálním rozdělením (Gaussovou křivkou pravděpodobnosti). Tento jednoduchý graf slouží ke zjištění, zda mají rezidua nejvyšší četnost v nule a jak se odchylují od rozložení pravděpodobnosti.

Graf 4. 19 Histogram reziduí



Z Grafu 4.19 lze říci, že rezidua mají relativně pravidelné normální rozdělení. Při bližším zaměření je možné vyvodit existenci drobných extrémních standardizovaných reziduí. Dále lze konstatovat, že u reziduí se vyskytuje pozitivní šikmost a také špičatost. Z histogramu lze odhadnout, že model splňuje podmínku normality reziduí.

#### 4.13.2 Kolmogorův-Smirnovův test

KS test je jedna ze sofistikovanějších metod matematické statistiky, pomocí nichž je možno model otestovat, zda má náhodná proměnná normální rozdělení. Stejně jako v předešlých testech je třeba potvrdit nulovou hypotézu, která říká, že distribuční funkce náhodného výběru odpovídá teoretické distribuční funkci očekávaného rozdělení. Výpočet

vzorce je uveden dle (2.26), kompletní hodnoty KS v Příloze č. 11. Vybrané hodnoty představuje Tab. 4.17.

Tab. 4. 17 Vybrané hodnoty KS testu

Testové kritérium	Hodnota
Test Statistic (D)	0,108
Asymp. Sig. ( $\alpha_{vyp}$ )	0,054

Jako první je pozornost zaměřena na hodnotu  $\alpha_{vyp}$ . Jelikož je tato hodnota vyšší než  $\alpha$  na hladině významnosti 5 %, lze přijmout nulovou hypotézu o normálním rozdělení dat. Následně vypočteme hodnotu KS. Po dosažení zjištěných parametrů  $KS = 0,8744$ . Hodnota KS je menší než 1,96, tudíž lze přijmout nulovou hypotézu na hladině významnosti 5 %. Lze potvrdit předpoklad normálního rozdělení dat.

#### 4.14 Zhodnocení modelu

V práci je analyzován bližší vztah jednotlivých proměnných z různých oblastí na cenu ropy. Těmito proměnnými jsou hodnota dolaru ke koši světových měn, meziroční nárůst inflace, hodnota dodávek z USA, efektivní úroková míra FEDU, celosvětová spotřeba ropy a index nejistoty.

Po úpravách, specifikaci modelu a jeho následné verifikaci je popsána závislost zaznamenaná touto rovnicí:

$$\begin{aligned} \ln WTI = & 46,653 - 5,728 \cdot \text{Dolar} + 0,054 \cdot \text{Inflace} - 4,128 \cdot \ln \text{Dodavky}_{USA} \\ & + 0,043 \cdot \text{Efekt} + 1,356 \cdot \ln \text{Spotřeba}_{svět} - 0,008 \cdot VIX_{t-1} \\ & + 0,249 \cdot \ln WTI_{t-2} + u_i. \end{aligned}$$

Koeficient  $R^2$  je v modelu relativně vysoký, v hodnotě 93,9 %.

V modelu je obsažena úroňová konstanta, konkrétně v hodnotě 46,653. Tato konstanta má fixní charakter, při změně vysvětlujících proměnných je tedy neměnná. Kdyby se všechny vysvětlující proměnné rovnaly nule, cena ropy by byla na hodnotě konstanty.

Vysvětlující proměnná Dolar je rovna hodnotě - 5,728. Z výsledné hodnoty  $\beta_1$  je tedy možno vidět negativní vztah mezi proměnou Dolar a cenou ropy. Koeficient nám vyjadřuje, že růst hodnoty dolaru o 1 jednotku vede ke snížení ceny ropy o 5,728 % ceteris paribus.

Vysvětlující proměnná Inflace, vyjádřena koeficientem  $\beta_2$ , je rovna hodnotě 0,054. Tato hodnota představuje pozitivní závislost mezi vysvětlující a vysvětlovanou proměnnou v modelu. Pomocí koeficientu je vyjádřeno, že při růstu hodnoty Inflace o 1 jednotku, dojde snížení ceny ropy o 0,054 % ceteris paribus.

Vysvětlující proměnná  $Dodavky\_USA$ , znázorněna koeficientem  $\beta_3$ , je vypočtena v hodnotě - 4,128. Výsledná hodnota poukazuje na negativní závislost proměnných v modelu. Zaznamenaná hodnota vyjadřuje, že při růstu dodávek ropy o 1 % dojde ke snížení ceny ropy o 4,128 % ceteris paribus.

Vysvětlující proměnná Efekt, která v sobě zahrnuje efektivní úrokovou mírou vypsanou FEDEM, představovaná koeficientem  $\beta_4$ , je rovna hodnotě 0,043. V modelu je tedy dosaženo pozitivní závislosti mezi efektivní úrokovou mírou a cenou ropy. Hodnota koeficientu znamená, že při růstu efektivní úrokové míry o 1 jednotku, poroste cena ropy o 0,043 % ceteris paribus.

Vysvětlující proměnné  $Spotřeba\_svět$ , v modelu náležící koeficientu  $\beta_5$ , dosáhla hodnoty 1,356. Výsledná hodnota potvrzuje pozitivní statistickou závislost mezi proměnnou a cenou ropy. Pomocí hodnoty koeficientů lze vyvodit závěr, že při růstu světové spotřeby ropy o 1 % dojde k růstu ceny ropy o 1,356 % ceteris paribus.

Předposlední vysvětlující proměnná index  $VIX_{t-1}$ , zastoupena v modelu koeficientem  $\beta_6$ , je rovna hodnotě - 0,008. Tato hodnota potvrzuje negativní závislost mezi proměnnými. Hodnota koeficientu poukazuje na skutečnost, že při růstu hodnoty indexu VIX o 1 jednotku, dojde v následujícím čtvrtletí k poklesu ceny ropy o 0,008 % ceteris paribus.

Poslední vysvětlující hodnota  $WTI_{t-2}$ , zastoupena v modelu koeficientem  $\beta_7$ , dosáhla hodnoty 0,249. Jelikož se jedná o zpožděnou vysvětlovanou proměnnou, je pozitivní závislost logická. Hodnota koeficientu nám říká, že při změně vysvětlující proměnné o 1 %, dojde ke zvýšení ceny vysvětlované proměnné o 0,249 % ceteris paribus.

#### **4.15 Predikce modelu**

Následující část je zaměřena na predikci modelu do budoucna. Pomocí predikce je možno odhadnout, jakým směrem se bude vysvětlovaná proměnná vyvíjet v budoucnu. Data predikovaná budou nově vytvořena, nejedná se o data, která jsou zaznamenána v datovém souboru.

K predikci modelu jsou použity stejné vysvětlující proměnné, jako hodnoty, ze kterých je vyjádřen regresní model. Dá se očekávat, že faktory ovlivňující současnou cenu, ovlivní i tu budoucí. Z následných predikovaných hodnot bude vypočtena vysvětlovaná proměnná WTI.

V práci je důraz kladen na bodovou a intervalovou predikci pomocí predikce ex-ante pro následující rok 2017, tedy pro jeho čtyři čtvrtletí. Základní princip predikce je vysvětlen vzorcem (2.27).

V Tab. 4.18 jsou znázorněny predikované hodnoty vysvětlujících proměnných pro následující čtyři čtvrtletí.

**Tab. 4. 18 Predikce vysvětlujících proměnných**

	Dolar	Inflace	lnDodavky	Efekt	lnSpotřeba	VIX <sub>t-1</sub>	lnWTI <sub>t-2</sub>
<b>1Q.2017</b>	,64510	1,16510	13,26772	-,64973	11,29193	17,58808	4,62181
<b>2Q.2017</b>	,64387	1,13550	13,26676	-,72089	11,29438	17,50397	4,63946
<b>3Q.2017</b>	,64264	1,10591	13,26580	-,79205	11,29683	17,41985	4,65710
<b>4Q.2017</b>	,64141	1,07631	13,26483	-,86321	11,29928	17,33574	4,67474

Po predikování vysvětlujících proměnných již lze přejít k predikci vysvětlované proměnné pro následující období. Predikce je provedena pomocí programu SPSS a její hodnoty jsou po odlogaritmování zobrazeny v Tab. 4.19. Neupravené hodnoty predikce jsou zaznamenány v Příloze č. 12. V predikci jsou zahrnuty hodnoty lnWTI\_pred, LMCI a UMCI (dolní a horní hranice konfidenčního intervalu pro střední hodnoty) a LICI s VICI (dolní a horní hranice konfidenčního intervalu pro hodnoty individuální).

**Tab. 4. 19 Predikce vysvětlované proměnné**

	lnWTI_pred	LMCI	UMCI	LICI	UICI
<b>1Q.2017</b>	93,84083	88,19233	99,85209	72,33586	121,7403
<b>2Q.2017</b>	95,23238	89,37491	101,4748	73,38356	123,5863
<b>3Q.2017</b>	96,64457	90,57244	103,1238	74,4457	125,4629
<b>4Q.2017</b>	98,07672	91,7851	104,8007	75,52245	127,3679

Z Tab. 4.19 lze říci, že všechny varianty předpokládají výrazný nárůst ceny ropy v roce 2017. Průměrná hodnota cena ropy by se ve všech čtvrtletích měla pohybovat okolo hodnoty 95 USD/barel.

#### 4.15.1 Porovnání predikce modelu se skutečností

V následné podkapitole je provedeno srovnání hodnot predikce 1. čtvrtletí roku 2017 se skutečností. V Tab. 4.20 jsou znázorněny hodnoty, které jsou známy v době dokončení práce.

**Tab. 4. 20 Skutečná cena ropy WTI (v USD)**

	31.12.2016	31.1.2017	28.2.2017	31.3.2017
<b>Ropa WTI</b>	52,36	52,75	54,01	50,54

*Zdroj: Vlastní zpracování dle EIA*

Již na první pohled je možno prohlásit, že predikce modelu na období 1. čtvrtletí 2017 se v praxi nenaplnila. Výhled modelu do budoucna předpovídal skokový nárůst ceny ropy až do hodnot k 90 USD/barel. Jednalo by se o návrat k cenám ropy do roku 2014. Avšak na ropných trzích lze vidět stabilizaci ceny ropy, žádné výkyvy během prvních tří měsíců roku 2017 nejsou zaznamenány. Během prvních dvou měsíců došlo k růstu ceny o necelé dva dolary, naopak v březnu je možno vidět propad na hodnotu 50,54 USD/barel. Tato hodnota je dokonce

nižší, než cena ropy za jeden barel z počátku roku 2017. Vysvětlení je možno přisoudit skutečnosti, že na ropném trhu nedošlo v prvním čtvrtletí roku 2017 k žádnému výraznějšímu šoku, který by zapříčinil nárůst hodnot ropy směrem vzhůru.

#### **4.16 Závěrečné zhodnocení**

*Surová ropa* je nesporně jedna z nejdůležitějších komodit na světě. Tato skutečnost je způsobena její nenahraditelností v současném světě a závislostí vyspělých zemí na dané komoditě. Surová ropa je prvotní surovinou používající se na výrobu plastu, benzínu, leteckého paliva, kosmetických přípravků a mnoho dalších výrobků.

*Počátky ropných trhů* je možno vidět již v 60. letech 19. století, kdy docházelo k výrazným výkyvům cen z důvodu kolísavé nabídky ropy. Následně stranu nabídky ovládl John D. Rockefeller a cena ropy na trzích pozbyla volatility. Relativně klidná situace následovala až do 70. let 20. století. V tomto období se monopolní silou na straně nabídky stala Organizace zemí vyvážejících ropu (OPEC), mezi které je možno zařadit státy na území Blízkého Východu s významnými ropnými zásobami. Od 70. let 20. století je vidět nárůst cenové volatility ropy. O důležitosti významu ropy svědčí události, které se zapsaly do dějin jako tzv. ropné šoky. První ropný šok v roce 1973, uzpůsobený arabským embargem na dovoz ropy do západních zemí, zapříčinil nárůst ceny ropy téměř čtyřnásobně. Několik zemí postižených embargem se propadlo do recese a svět zachvátila nejistota a panika ohledně budoucího vývoje. Ropný šok také ovlivnil inflaci a nezaměstnanost, které se od vyhlášení embarga vyšplhaly do výrazných výšin téměř po celém světě. Další ropné šoky proběhly v letech 1978 a 1990, kdy se opět cena ropy za barel výrazně zvýšila. Od roku 2000 do roku 2014 došlo k téměř neustálému vzrůstu cen ropy, které se zastavily až výrazně nad hranicí 100 USD/barel. K růstu cen výrazně přispěly teroristické útoky v roce 2001, hypoteční krize v roce 2008 a některé válečné operace, které vyvolaly neklid na trzích. V roce 2014 je možné vidět splasknutí bubliny na komoditních trzích a cena ropy je v posledním období stabilní.

*Z dlouhodobého hlediska* je cena ropy obtížně predikovatelná, jelikož ji ovlivňuje velmi mnoho faktorů. Za důvod obtížné predikovatelnosti je možno vidět působení faktorů, které se buďto nedají kvantifikovat, nebo pouze obtížně. Názorným příkladem jsou války ve světě, nejistota způsobená výraznými výkyvy na trzích, teroristickými útoky nebo rozhodnutím o navýšení těžby či objevu nových ropných zásob. Obecně lze říci, se cena ropy je přisuzována střetu nabídky s poptávkou. Při bližším pohledu na poptávku lze určit některé faktory, které ji ovlivňují, jako třeba světový růst HDP. Za další faktor ovlivňující cenu ropy je třeba považovat hodnotu dolaru. Jelikož je cena ropy kotovaná v USD, výkyvy kurzu dolaru vůči ostatním

měnám budou mít vliv také na hodnotu ropy na komoditních trzích. Na straně nabídky hrála výraznou roli organizace OPEC, avšak v posledních letech došlo ke změnám. Díky objevení způsobu těžby ropy z břidlic získaly své důležité postavení na trhu s ropou také USA a Kanada.

*Z krátkodobého hlediska* ovlivňují cenu ropy hlavně její dodávky na trh, jinými slovy nabídka ropy. Specifikum nabídky ropy je její nepružnost, čímž nedokáže reagovat na vyšší poptávku. Možné výpadky nabídky mohou narušit relativně stabilní situaci na trhu a vychýlit cenu ropy směrem vzhůru.

*Cenou ropy* se povětšinou rozumí ceny ropy Brent nebo WTI. Ropa Brent je považována za evropskou severskou ropu, která je obchodována na Londýnské burze, ropa WTI je ropa těžící se v Texasu a obchodující se na newyorské komoditní burze NYMEX. Druhy ropy se od sebe liší hustotou a obsahem síry. Do práce bylo vybráno šest faktorů, jenž mají vliv na cenu ropy WTI.

Prvním faktorem je *hodnota amerického dolaru* vůči koši měn, tzv. koši SDR. Tento koš zahrnuje americký dolar, euro, čínský juan, japonský jen a britskou libru. Jak již bylo dříve zmíněno, slábnoucí dolar má vliv na růst ceny ropy. Tato skutečnost byla zaznamenána v období tzv. hypoteční krize, kdy k výrazné ceně ropy přispěl také rekordně slabý dolar.

Druhý faktor je *meziroční růst inflace* v USA ve čtvrtletním vyjádření. Obecně je platná hypotéza, že vyšší inflace ovlivní cenu ropy směrem vzhůru.

Další faktor je přisouzen hodnotě *dodávek ropy*, které jsou vyváženy z USA. Tato proměnná zaznamenává hodnotu nabídky ropy. Jelikož je zkoumána cena ropy WTI, která se těží v Texasu, do práce jsou zařazeny pouze dodávky ropy z USA. Při poklesu a kolísání dodávek je možno čekat nárůst ceny ropy.

Čtvrtý faktor, který ovlivňuje ceny ropy, je *úroková míra*. Jedná se o velice zajímavý faktor, jelikož v minulosti se přisuzoval ceně ropy a úrokové míře inverzní charakter, tedy když rostla úroková míra, u ceny ropy bylo možno pozorovat snížení. Avšak v posledních letech v éře velmi nízkých úrokových sazeb, se dle nových zkoumání tento vztah přetrhal a je možno pozorovat pozitivní závislost. Jelikož je posuzována americká ropa WTI, předmětem zkoumání je úroková míra americké centrální banky FED.

Neméně důležitý faktor je také *světová spotřeba ropy*. Ropa je v současnosti nezastupitelnou komoditou v každodenním životě, tudíž není překvapením, že její spotřeba se v čase zvyšuje. Spotřeba ropy zaznamenává hodnotu celosvětové poptávky po ropě. Lze tedy předpokládat pozitivní závislost mezi rostoucí spotřebou ropy a její cenou.

Poslední faktor, jenž působí na cenu ropy v modelu, je brán v úvahu *index VIX*. Tento index se do češtiny překládá jako tzv. index strachu či nejistoty. Když na komoditních trzích začne stoupat panika, tak hodnota indexu vzroste.

Zmíněných šest faktorů a jejich působení na cenu ropy WTI je posouzeno v období 2000 až 2016 v čtvrtletní frekvenci, tudíž v modelu je obsaženo 68 pozorování.

Z výsledku regresní analýzy je možno vyčíst, že některé vysvětlující proměnné mají pozitivní vztah k vysvětlované proměnné, některé však mají vztah inverzní. Pozitivní vztah k vysvětlované proměnné WTI je možno vidět u proměnných Inlace, Efekt a Spotřeba\_svět. Naopak negativní vztah u proměnných Dolar, Dodavky\_USA a VIX. Koefficient determinace výsledného modelu vyšel relativně vysoký, konkrétně v hodnotě 93,9 %. Zbývajících 6,1 % představuje složka reziduální. Výsledný model obsahuje řadu úprav, došlo ke zlogaritmování vysvětlované proměnné WTI a vysvětlujících proměnných Dodavky\_USA a Spotřeba\_svět. Posléze byla přidána zpožděná hodnota vysvětlované proměnné o dvě období, v důsledku vyloučení autokorelace.

Při zpracování časových řad bylo nutné očistit časovou řadu proměnné Dodavky\_USA o sezónní trend, použita byla multiplikativní metoda. Odlehlé hodnoty se u časových řad nevyskytly, u proměnných Inlace a Dodavky\_USA došlo k dopočtení poslední hodnoty z důvodu neexistence dat v době zpracování. Z modelu vyplynula autokorelace prvního řádu, kterou se povedlo odstranit přidáním opožděné vysvětlované proměnné o dvě období. Testováním modelu bylo zjištěno, že v modelu není heteroskedasticita ani multikolinearita, dále že model je dle Ramsey RESET testu správně specifikován a že rezidua mají relativně normální rozložení.

V závěru byla provedena predikce modelu metodu ex-ante pro následující čtyři čtvrtletí. Z výsledků vyplynulo, že hodnota vysvětlované proměnné by měla růst, což podporuje tezi o velice nízké současné ceně ropy. Avšak skutečnost 1. čtvrtletí roku 2017 tezi nepotvrzuje, cena ropy je zaznamenána ve stabilní hodnotě, kdy k nárůstu ceny nedošlo.

## 5 Závěr

Cena ropy je důležitá téměř pro každého jedince, ať už se jedná o investora, spekulanta, majitele dopravní firmy nebo řidiče automobilu, jelikož výrazná změna ceny ropy ovlivní všechny vyjmenované. Ze zmíněných důvodů bylo cílem diplomové práce zhodnotit vývoj ceny ropy na světových trzích s vymezením hlavních cenotvorných faktorů.

Druhá kapitola byla zaměřena na popis základních pojmů. V úvodu kapitoly došlo k definici a vymezení komodit, posléze byla pozornost zaměřena na rozdělení komodit podle jejich druhů. Poté již byla práce věnována ropě, konkrétně slovu ropa a základním charakteristikám zmíněné komodity. Následně došlo k vymezení a bližšímu popisu druhů ropy dle tří vybraných kritérií. Další část pojednávala o vývoji ceny ropy od počátků obchodování, což bylo v roce 1861, až do současnosti, kde došlo k bližšímu vysvětlení podstatných událostí ovlivňující ropný trh. V následné části byl charakterizován ekonometrický model, došlo k popisu časových řad a základních předpokladů modelu nutných k jeho fungování. Na závěr druhé kapitoly byly formulovány testy statistické a ekonometrické verifikace, a také teoretické předpoklady pro predikci modelu do budoucna.

Ve třetí kapitole došlo k představení nejdůležitějších faktorů ovlivňující cenu ropy a následně jejich bližšímu popisu. Konkrétně jsou to hodnoty dolaru vůči ostatním měnám, poptávky po ropě a s ní spojený růst světového hospodářství, dále ropná nabídka, zásoby ropy, vojenské konflikty, počasí a přírodní katastrofy, spekulace spojená s nejistotou na trzích, inflace, úroková míra, politické vlivy, a také vliv ostatních komodit.

Ve čtvrté kapitole byl vymezen datový soubor a následně došlo k popisu proměnných zahrnutých do modelu, ať již slovně nebo graficky. Posléze bylo provedeno zhodnocení časových řad, nalezení chybějících hodnot, a také multiplikativní dekompozice jedné proměnné z důvodu nalezení trendu. Poté došlo k statistické verifikaci pomocí T-testu a F-testu a následné verifikaci ekonomické, z důvodu splnění základních předpokladů, konkrétně autokorelace, heteroskedasticity, multikolinearity, správné specifikace modelu a testování normálního rozdělení. V modelu byla identifikována autokorelace prvního řádu, proto bylo provedeno její odstranění. V další části je kvantifikován vliv faktorů na cenu ropy, kdy u hodnot dolaru, dodávek ropy z USA a indexu VIX byla prokázána negativní závislost vůči ceně ropy. Naopak u faktorů inflace, úrokové míry, celosvětové spotřeby ropy byla vyvozena závislost pozitivní. Na závěr čtvrté kapitoly byla provedena predikce modelu na všechna čtyři čtvrtletí roku 2017 a poté následovalo srovnání predikovaných hodnot prvního čtvrtletí 2017 se skutečnou cenou ropy.



## Seznam použité literatury

- [1] ARLT, Josef a Markéta ARLTOVÁ. *Ekonomické časové řady*. Praha: Professional Publishing, 2009. 290 s. ISBN 9788086946856.
- [2] ARLT, J., M. ARLTOVÁ a E. RUBLÍKOVÁ. Analýza ekonomických časových řad s příklady. 2002. 147 s. [online]. Dostupné z: <http://nb.vse.cz/~arltova/vyuka/crsbir02.pdf>
- [3] CÍLEK, Václav a Martin KAŠÍK. *Nejistý plamen: průvodce ropným světem*. Praha: Dokořán, 2007. 232 s. ISBN 978-80-7363-122-2.
- [4] ČERNOCH, F., M. JIRUŠEK, H. KOĐOUSKOVÁ, J. OSIČKA a T. VLČEK. *Ropná politika USA: historie a výzvy*. Brno: Masarykova univerzita, 2012. 192 s. ISBN 978-80-210-6068-5.
- [5] GREENE, William H. *Econometric analysis*. 6th ed. Upper Saddle River, N.J.: Pearson Prentice Hall, 2008. 1178 s. ISBN:978-0-13-513245-6.
- [6] GUJARATI, Damodar N. *Basic econometrics*. 4th ed. Boston: McGraw Hill, 2003. 1002 p. ISBN 9780071123426.
- [7] HANČLOVÁ, Jana. *Ekonometrické modelování: klasické přístupy s aplikacemi*. Praha: Professional Publishing, 2012. 214 s. ISBN 978-80-7431-088-1.
- [8] HILL, R. C., W. E. GRIFFITHS a G. C. LIM. *Principles of econometrics*. 3rd ed. Hoboken: John Wiley, 2008. 758 p. ISBN 978-0-471-72360-8.
- [9] HOŠEK J., L. KOMÁREK a M. MOTL. *Měnová politika a cena ropy*. 2011. 25 s. [online]. Dostupné z: <http://www.vse.cz/polek/download.php?jnl=polek&pdf=770.pdf>
- [10] JÍLEK, Josef. *Finanční a komoditní deriváty v praxi*. 2. vyd. Praha: Grada, 2010. 632 s. Finanční trhy a instituce. ISBN 9788024736969.
- [11] MAUGERI, Leonardo. *The age of oil: the mythology, history, and future of the world's most controversial resource*. Westport, Praeger Publishers, 2006. 360 s. ISBN 978-0275990084.
- [12] NESNÍDAL, Tomáš a Petr PODHAJSKÝ. *Obchodování na komoditních trzích: průvodce spekulanta*. 2., rozš. vyd. Praha: Grada, 2006. 200 s.. ISBN 8024718510.
- [13] OSIČKA, J., F. ČERNOCH, P. OCELÍK a T. VLČEK. *Technicko-ekonomické aspekty energetiky*. Brno: Masarykova univerzita, 2012. 393 s. ISBN 9788021059979.
- [14] ROGERS, Jim. *Žhavé komodity: jak může kdokoliv investovat se ziskem na světových trzích*. Praha: Grada, 2008. 240 s. ISBN 9788024723426.

### Internetové zdroje

- [15] AKCIE A TRHY. *Nízká cena ropy a její důsledek pro ekonomiku*. [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://akcieatrh.cz/cz/nizka-cena-ropy-a-jeji-dusledek-pro-svetovou-ekonomiku>
- [16] BP GLOBAL. *Statistical Review of World Energy June 2016*. [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/statistical-review-2016/bp-statistical-review-of-world-energy-2016-full-report.pdf>
- [17] ČESKÁ TELEVIZE. *Saddámův vpád do Kuvajtu předznamenal válku v Perském zálivu*. [online]. [cit. 2017-01-25]. Dostupné z: <http://www.ceskatelevize.cz/ct24/svet/1446088-saddamuv-vpad-do-kuvajtu-predznamenal-valku-v-perskem-zalivu> >
- [18] ECONOMIC TIME SERIES PAGE. *Crude oil production, Kuwait*. [online]. [cit. 2017-01-25]. Dostupné z <http://www.economagic.com/em-cgi/data.exe/doeme/paprpku>
- [19] ECONOMIC TIME SERIES PAGE. *Crude oil production, Iran*. [online]. [cit. 2017-01-25]. Dostupné z <http://www.economagic.com/em-cgi/data.exe/doeme/paprpipir/>>
- [20] ECONOMIC TIME SERIES PAGE. *Crude oil production, Iraq*. [online]. [cit. 2017-01-25]. Dostupné z <http://www.economagic.com/em-cgi/data.exe/doeme/paprpqiq/>>
- [21] FRED ECONOMIC DATA. *Effective federal funds rate*. [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <https://fred.stlouisfed.org/series/Fedfunds>
- [22] FRED ECONOMIC DATA. *CBOE Volatility Index VIX*. [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <https://fred.stlouisfed.org/series/VIXCLS/downloaddata>
- [23] FXSTREET. *Ceny ropy klesají vliv má silnější dolar*. [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://www.fxstreet.cz/ceny-ropy-klesaji-vliv-ma-silnejsi-dolar.html>
- [24] IDNES. *Miliardář Rockefeller byl první miliardář v historii. Imperium budoval ostrými lokty*. [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: [http://ekonomika.idnes.cz/prvni-miliardar-v-historii-rockefeller-vybudoval-ropny-monopol-standard-oil-185-/eko-zahranicni.aspx?c=A151003\\_215152\\_ekonomika\\_rts](http://ekonomika.idnes.cz/prvni-miliardar-v-historii-rockefeller-vybudoval-ropny-monopol-standard-oil-185-/eko-zahranicni.aspx?c=A151003_215152_ekonomika_rts)
- [25] INTERNATIONAL MONETARY FUND. *SDR Valuation*. [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: [http://www.imf.org/external/np/fin/data/rms\\_sdrv.aspx](http://www.imf.org/external/np/fin/data/rms_sdrv.aspx)
- [26] INVESTOVAT DO ROPY. *Cena ropy: Graf aktuálního vývoje*. [online][online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://www.investovat-do-ropy.cz/clanek/mo%C5%BEn%C3%A9p%C5%99edpov%C3%ADdat-v%C3%BDvoj-ceny-ropy.html>

- [27] OECD. *Inflation* [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z:  
<https://data.oecd.org/price/inflation-cpi.htm>
- [28] OENERGETICE.CZ. *Důvody poklesu ceny ropy*. [online]. [cit. 2017-01-25]. Dostupné z <http://oenergetice.cz/ropa/duvody-poklesu-ceny-ropy/>>
- [29] PATRIA FINANCE. *Proč jsou ceny ropy tak nízké? Protože OPEC už možná neexistuje*. [online]. [cit. 2017-01-25]. Dostupné z:  
<https://www.patria.cz/zpravodajstvi/3086949/proc-jsou-ceny-ropy-tak-nizko-protoze-opec-uz-mozna-neexistuje.html>
- [30] PENÍZE.CZ. *Ropná krize v roce 1973*. [online]. [cit. 2017-01-25]. Dostupné z:  
<http://www.penize.cz/nezamestnanost/15178-ropna-krize-v-roce-1973>
- [31] ROPA.CZ. *Těžba ropy*[online]. [cit. 2017-01-25]. Dostupné z:  
<http://www.ropa.cz/tezba-ropy>
- [32] ROPA.CZ. *Vznik ropy*[online]. [cit. 2017-01-25]. Dostupné z:  
<http://www.ropa.cz/vznik-ropy>
- [33] SAXOBANK. *Komodity*. [online]. [cit. 2017-01-25]. Dostupné z  
<http://cz.saxobank.com/support/slovník-pojmu/komodity/>
- [34] U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. *Petroleum & Other liquids..* [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z:  
<https://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=pet&s=rwtc&f=a>
- [35] U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. *Product Supplied of Crude Oil nad Petroleum* [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z:  
<http://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=PET&s=MTTUPUS1&f=M>
- [36] U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. *WTI Spot Price*. [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z:  
<http://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=PET&s=RWTC&f=D>
- [37] VESMÍR. *Tvrdé zimy v Evropě za uplynulé tisíciletí*. [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://casopis.vesmir.cz/clanek/tvrde-zimy-v-evrope-za-uplynule-tisicileti>
- [38] WTRG ECONOMICS. *Oil price History and Analysis*. [online]. [cit. 2017-01-25]. Dostupné z: <http://www.wtrg.com/prices.htm>
- [39] YCHARTS. *World oil production*. [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z:  
[https://ycharts.com/indicators/world\\_crude\\_oil\\_production](https://ycharts.com/indicators/world_crude_oil_production)

## Seznam zkratek


API	American Petroleum Institute
bezrozm.	bezrozměrný
CO	Cochrane-Orcutt
DW	Durbin-Watson
efekt	efektivní úroková míra FEDU
FED	Federal Reserve System
HDP	hrubý domácí produkt
OPEC	Organization of the Petroleum Exporting Countries
SDR	Special drawing rights
Sig.	signifikantnost
USA	Spojené státy americké
USD	americký dolar
VIX	Volatility index
WTI	West Trade International
\$	americký dolar

## Prohlášení o využití výsledků diplomové práce

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo;
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3);
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě archivována v Ústřední knihovně VŠB-TUO a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že bibliografické údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- bylo sjednáno, že užít své dílo, diplomovou práci, nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 20. 4. 2017



Bc. Jan Šimek

## Seznam příloh

Příloha č.1 Konkrétní hodnoty proměnných v období 2000 – 2016

Příloha č.2: Boxploty proměnných

Příloha č.3 Dekompozice proměnné Dodavky\_USA

Příloha č.4 Varianty výběru vhodného modelu

Příloha č.5 Regresní model s trendovou proměnnou

Příloha č.6 Regresní model vytvořený CO metodou

Příloha č.7 Regresní model se zpožděnou vysvětlovanou proměnnou

Příloha č.8 Regresní model se zpožděnou vysvětlovanou proměnnou o dvě období

Příloha č.9 White test

Příloha č.10 Ramsey Reset test

Příloha č.11 KS test

Příloha č.12 Predikce proměnné lnWTI

Příloha č.1

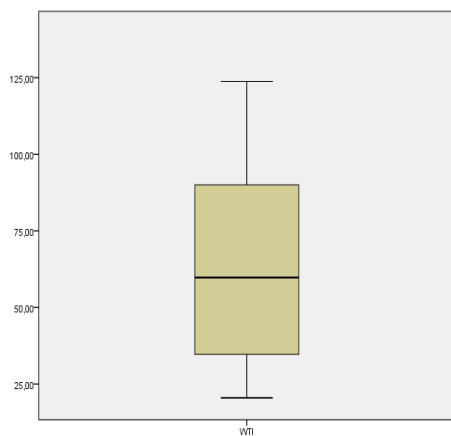
	WTI	Kurz dolaru	Dodávky do USA	Spotřeba	VIX	efekt	Inflace
1.Q.2000	28,9	0,7428	584989,33	67307,67	24,11	5,68	3,24
2.Q.2000	28,92	0,7545	591290,33	68348,33	19,54	6,27	3,33
3.Q.2000	31,63	0,7661	614311,33	68683	20,57	6,52	3,51
4.Q.2000	32,06	0,7764	612940	69671	26,85	6,47	3,43
1.Q.2001	28,76	0,7792	596773,33	68850,33	28,64	5,59	3,4
2.Q.2001	27,92	0,7967	594408,67	67371,33	19,06	4,33	3,38
3.Q.2001	26,7	0,7822	604239,67	67974,33	31,93	3,5	2,7
4.Q.2001	20,5	0,7893	595171	67583,33	23,8	2,13	1,86
1.Q.2002	21,64	0,8042	585815,67	66713,67	17,4	1,73	1,25
2.Q.2002	26,27	0,7717	598127	66917,33	25,4	1,75	1,3
3.Q.2002	28,32	0,7552	611012,67	67752	39,69	1,74	1,59
4.Q.2002	28,3	0,7491	609336,67	68036,33	28,62	1,44	2,2
1.Q.2003	34,04	0,7279	600648,33	69354	29,15	1,25	2,87
2.Q.2003	28,98	0,7136	596121,67	68451,33	19,52	1,25	2,13
3.Q.2003	30,22	0,7146	619680	69781,33	22,72	1,02	2,2
4.Q.2003	31,17	0,6872	620960	71632	18,31	1	1,9
1.Q.2004	35,34	0,6754	624729,67	71826	16,74	1	1,79
2.Q.2004	38,32	0,6839	623150	72634,67	14,34	1,01	2,87
3.Q.2004	43,89	0,6838	638338,33	73107,33	13,34	1,43	2,73
4.Q.2004	48,3	0,6541	642982,33	73284,33	13,29	1,95	3,32
1.Q.2005	49,9	0,6574	625350	73950	14,02	2,47	3,04
2.Q.2005	53,11	0,6746	626281,33	74066,67	12,04	2,94	2,95
3.Q.2005	63,31	0,6879	641666,33	73574	11,92	3,46	3,83
4.Q.2005	60,03	0,6978	637632	73959,67	12,07	3,98	3,74
1.Q.2006	63,27	0,6942	616179,67	73523,67	11,39	4,46	3,65
2.Q.2006	70,46	0,675	623219	73386,33	13,08	4,91	4,01
3.Q.2006	70,48	0,6744	641387	73615,67	11,98	5,25	3,34
4.Q.2006	59,94	0,6679	636183,33	73124,67	11,56	5,25	1,94
1.Q.2007	58,08	0,6659	623613,67	73196	14,64	5,26	2,42
2.Q.2007	64,97	0,659	625668,67	72755,33	16,23	5,25	2,65
3.Q.2007	75,22	0,6493	635794,33	73156,33	18	5,07	2,36
4.Q.2007	90,58	0,6326	631036	73974,33	22,5	4,5	3,97
1.Q.2008	97,86	0,6186	607750	74301,33	25,61	3,18	4,1
2.Q.2008	123,78	0,615	599504,67	74577,33	23,95	2,09	4,38
3.Q.2008	118,29	0,632	579620	73667,67	39,39	1,94	5,3
4.Q.2008	58,68	0,6644	591876,33	72991,67	40	0,51	1,61
1.Q.2009	43,14	0,6735	565843,67	72483	44,14	0,18	-0,04
2.Q.2009	59,61	0,6526	563181	72660,67	26,35	0,18	-1,15
3.Q.2009	68,14	0,6378	574225,67	73268,67	25,61	0,16	-1,62

4.Q.2009	76	0,6293	580603,67	73694,67	21,68	0,12	1,46
1.Q.2010	78,81	0,6515	566024,67	74269	17,59	0,13	2,36
2.Q.2010	77,82	0,6721	580749,33	74572	34,54	0,19	1,77
3.Q.2010	76,06	0,6546	597183	74908,33	23,7	0,19	1,18
4.Q.2010	85,16	0,647	589625	75562,33	17,75	0,19	1,27
1.Q.2011	94,07	0,6356	569710,67	74413,67	17,74	0,16	2,14
2.Q.2011	102,02	0,6221	568035,33	73944,67	16,52	0,09	3,43
3.Q.2011	89,49	0,629	581702,33	74656,67	42,96	0,08	3,76
4.Q.2011	94,02	0,6421	577870,67	76075	23,4	0,07	3,29
1.Q.2012	102,98	0,6443	557050	76478,33	15,5	0,1	2,82
2.Q.2012	93,29	0,6553	562765,67	75840,33	17,08	0,15	1,89
3.Q.2012	92,17	0,6561	570184,67	75780,67	15,73	0,14	1,7
4.Q.2012	88,01	0,6504	565805,33	76285,33	18,02	0,16	1,89
1.Q.2013	94,33	0,6587	559232,67	75884,67	12,7	0,14	1,68
2.Q.2013	94,05	0,6649	567951,33	76352	16,86	0,12	1,39
3.Q.2013	105,83	0,6575	589134	76183,33	16,6	0,08	1,55
4.Q.2013	97,5	0,6503	590351,67	76895,97	13,72	0,09	1,23
1.Q.2014	98,68	0,6483	564661,67	77396,2	13,88	0,07	1,41
2.Q.2014	103,35	0,6471	569431	77272,48	11,57	0,09	2,05
3.Q.2014	97,87	0,662	592188,67	78501,54	16,31	0,09	1,78
4.Q.2014	73,21	0,6832	598234,67	79461,34	19,2	0,1	1,25
1.Q.2015	48,49	0,7149	582202,67	79811,31	15,29	0,11	-0,06
2.Q.2015	57,85	0,7137	590492,33	79929,06	18,23	0,12	-0,04
3.Q.2015	46,49	0,7139	608085	80229,24	24,5	0,14	0,11
4.Q.2015	41,94	0,7221	595476,67	80474,71	18,21	0,16	0,47
1.Q.2016	33,35	0,7202	589850	80370	13,95	0,36	1,08
2.Q.2016	45,46	0,7106	589054,33	79310	15,63	0,37	1,05
3.Q.2016	44,85	0,7158	610346	80120	13,29	0,4	1,12
4.Q.2016	49,14	0,738		80337	14,04	0,45	

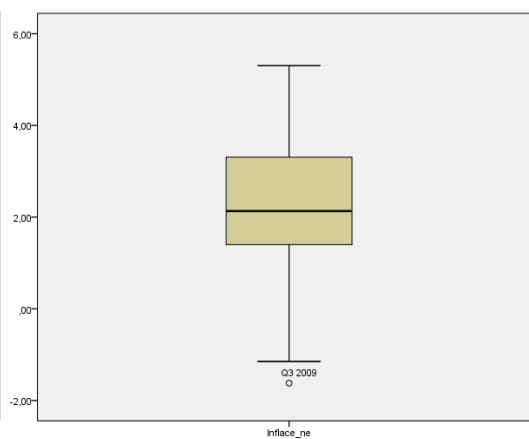


## Příloha č.2

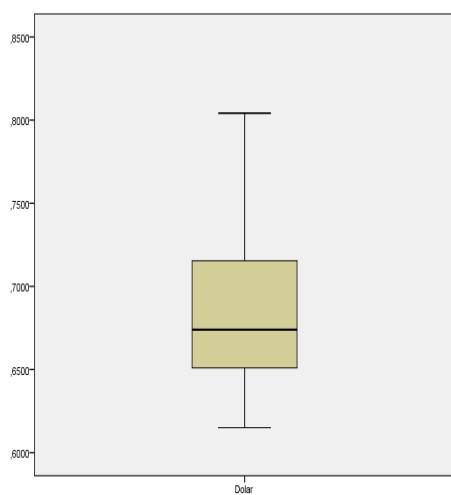
**Boxplot proměnné WTI**



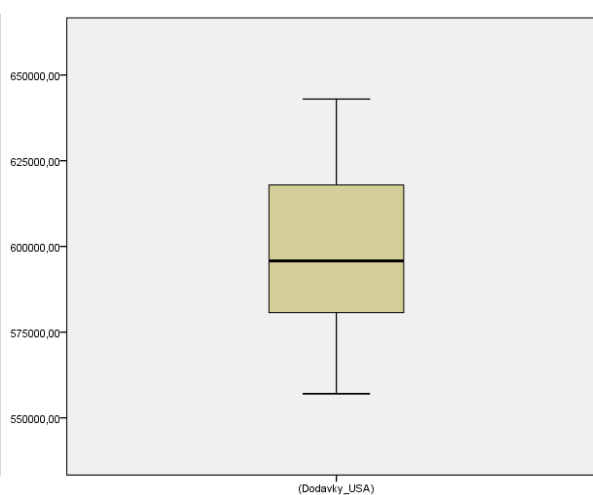
**Boxplot proměnné Inlace**



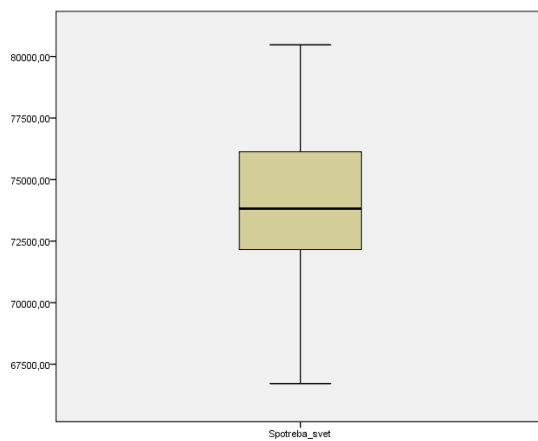
**Boxplot proměnné Dolar**



**Boxplot proměnné Dodavky\_USA**



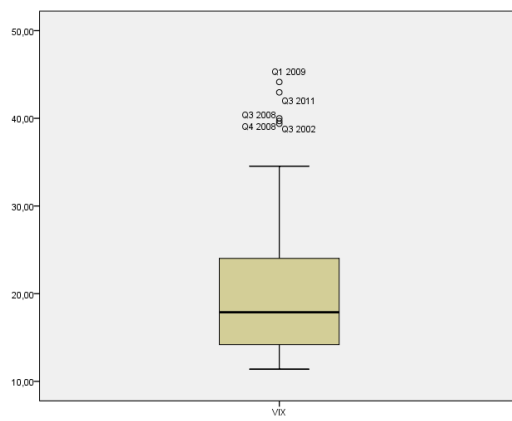
**Boxplot proměnné Spotřeba\_svět**



**Boxplot proměnné Efekt**

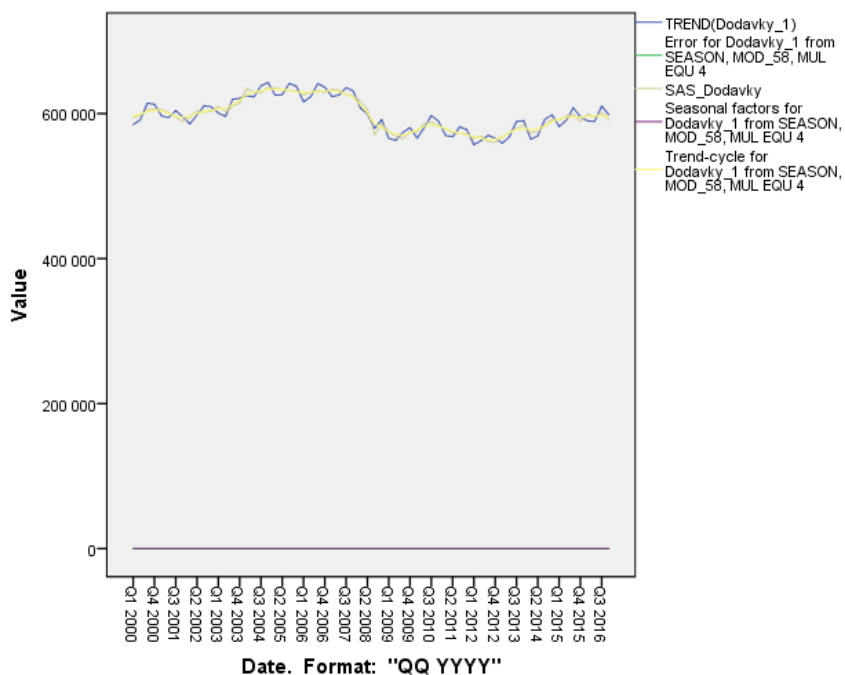


### Boxplot proměnné VIX

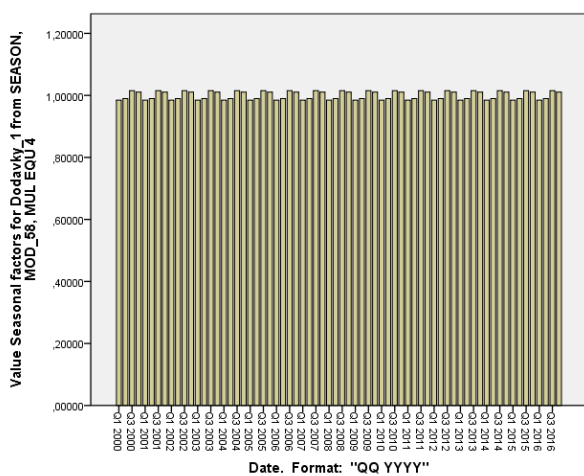


### Příloha č.3

#### Dekompozice multiplikativním modelem



#### Sloupcový graf multiplikativní dekompozice



Výběr trendu proměnné:

- Lineární:  $R^2 = 0,253$ ,  $Dodavky\_SAS_t = 617\,966,894 - 574,651t + \varepsilon_t$
- Kvadratický:  $R^2 = 0,261$ ,  $Dodavky\_SAS_t = 613\,360,101 - 179,781t - 5,723t^2 + \varepsilon_t$
- Růstový:  $R^2 = 0,255$ ,  $Dodavky\_SAS_t = e^{(13,334-0,001t)} + \varepsilon_t$
- Logaritmický:  $R^2 = 0,112$ ,  $Dodavky\_SAS_t = 625\,282,029 - 8314,971\ln t + \varepsilon_t$
- Exponenciální:  $R^2 = 0,255$ ,  $Dodavky\_SAS_t = 617\,879,896 \cdot e^{-0,001t} + \varepsilon_t$

Příloha č.4

		<b>lineární</b>	<b>logaritmy</b>	<b>Diference</b>	<b>X</b>
<b>Koeficienty</b>	R <sup>2</sup>	0,879	0,903	0,561	0,916
	Adj. R <sup>2</sup>	0,867	0,892	0,518	0,908
	β1 (Dolar)	-381,889**	-5,274 **	-293,824**	-7,130**
	β2 (Inflace)	6,423**	0,088	6,310**	0,061**
	β3 (Dodavky)	-0,001	-5,490**	0,000	-5,043**
	β4 (efekt)	2,013**	0,85**	2,042	0,049**
	β5 (Spotřeba)	0,02	3,056	0,000	2,588**
	β6 (VIX)	-0,315	-0,077	-0,314**	-0,007**
	Histogram	OK	OK	OK	OK
	Vývoj reziduí	OK	OK	NE	OK
<b>Stacionarita</b>	Dolar	NE	NE	NE	NE
	Inflace	NE	NE	NE	NE
	Dodavky_USA	NE	NE	NE	NE
	Efekt	NE	NE	ANO	NE
	Spotřeba_svět	ANO	ANO	NE	ANO
	VIX	NE	NE	NE	NE
	WTI Dolar	-0,835 **	-0,885**	-0,503**	-0,882**
<b>Párové korelace</b>	WTI Inflace	0,152	0,097	0,602**	0,096
	WTI Dodavky	-0,424 **	-0,367**	-0,199	-0,367**
	WTI efekt	-0,331 **	-0,500**	0,205	-0,328**
	WTI Spotřeba	0,519 **	0,619**	0,092	0,619**
	WTI VIX	-0,108	-0,191	-0,161	-0,236
<b>Křížová korelace</b>	WTI Dolar	0	0	0	0
	WTI Inflace	0	0	0	0
	WTI Dodavky	+6	+7	0	+7
	WTI efekt	+6	+7	-3	0
	WTI Spotřeba	+7	0	-1	+5
	WTI VIX	-1	-4	-1	0
	F-test	OK	OK	OK	OK
	DW	0,674	0,763	2,013	0,874

Příloha č.5

**Model Summary<sup>b</sup>**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,962 <sup>a</sup>	,925	,916	,14183	,899

a. Predictors: (Constant), trend, lagVIX, Dolar, Inflace\_dopln, lnDodavky\_USA, efekt, lnSpotřeba\_svět

b. Dependent Variable: lnwti

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	68,063	13,320		5,110	,000
	Dolar	-7,069	,448	-,709	-15,788	,000
	Inflace_dopln	,076	,019	,201	4,059	,000
	lnDodavky_USA	-3,499	,869	-,269	-4,028	,000
	efekt	,054	,014	,231	3,842	,000
	lnSpotřeba_svět	-1,177	1,552	-,124	-,758	,451
	lagVIX	-,006	,003	-,096	-2,105	,039
	trend	,012	,005	,491	2,574	,013

a. Dependent Variable: lnwti

## Příloha č.6

### Výpočet $\rho$

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 RES_t_1	,530	,100	,548	5,327	,000

### Model Summary<sup>c,d</sup>

Model	R	R Square <sup>b</sup>	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,998 <sup>a</sup>	,995	,995	,13963	1,161

a. Predictors: CO\_lagVIX, CO\_efekt, CO\_Inflace, CO\_InSpotřeba, CO\_Dolar

b. For regression through the origin (the no-intercept model), R Square measures the proportion of the variability in the dependent variable about the origin explained by regression. This CANNOT be compared to R Square for models which include an intercept.

c. Dependent Variable: CO\_InWTI

d. Linear Regression through the Origin

### Coefficients<sup>a,b</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	CO_Dolar	-7,297	,721	-1,232	-10,118	,000
	CO_Inflace	,059	,023	,041	2,590	,012
	CO_efekt	-,019	,021	-,013	-,922	,360
	CO_InSpotřeba	,808	,044	2,219	18,314	,000
	CO_lagVIX	-,005	,003	-,028	-1,701	,094

a. Dependent Variable: CO\_InWTI

b. Linear Regression through the Origin

## Příloha č.7

### Model Summary<sup>b</sup>

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,973 <sup>a</sup>	,948	,941	,11757	1,655

a. Predictors: (Constant), lag\_lnWTI, Inflation\_dopln, lagVIX, efekt, lnDodavky\_USA, lnSpotřeba\_svět, Dolar

b. Dependent Variable: lnwti

### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	33,021	9,511		3,472	,001
	Dolar	-4,434	,609	-,447	-7,277	,000
	Inflation_dopln	,034	,016	,091	2,178	,033
	lnDodavky_USA	-2,855	,695	-,223	-4,107	,000
	efekt	,028	,013	,119	2,222	,030
	lnSpotřeba_svět	,918	,517	,096	1,776	,081
	lagVIX	-,006	,002	-,106	-2,798	,007
	lag_lnWTI	,433	,078	,439	5,554	,000

a. Dependent Variable: lnwti

Příloha č.8

**Model Summary<sup>b</sup>**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,969 <sup>a</sup>	,939	,931	,12628	1,226

a. Predictors: (Constant), lag2\_lnWTI, Inflation\_dopln, lagVIX, efekt, Dolar, lnDodavky\_USA, lnSpotřeba\_svět

b. Dependent Variable: lnwti

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	46,653	10,041		4,646	,000
	Dolar	-5,728	,538	-,577	-10,645	,000
	Inflation_dopln	,054	,016	,147	3,419	,001
	lnDodavky_USA	-4,128	,724	-,327	-5,700	,000
	efekt	,043	,015	,177	2,964	,004
	lnSpotřeba_svět	1,356	,561	,141	2,418	,019
	lagVIX	-,008	,002	-,136	-3,268	,002
	lag2 lnWTI	,249	,068	,256	3,667	,001

a. Dependent Variable: lnwti



## Příloha č.9

### Model Summary<sup>b</sup>

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,541 <sup>a</sup>	,292	-,045	,02027	2,316

a. Predictors: (Constant), lagVIX\_lag2lnwti, Inflace\_2, Dolar\_2, dolar\_lag2wti, efekt\_2, lnDodavky\_lnSpotřeba, inflace\_lagVIX, lnDodavky\_2, efekt\_lagVIX, dolar\_inflace, lagVIX\_2, efekt\_lag2lnwti, inflace\_efekt, dolar\_lagvix, inflace\_lag2lnwti, lag2lnwti, dolar\_efekt, Inflace\_dopln, lnSpotřeba\_lagVIX, dolar\_lnsпотреba, lnDodavky\_efekt

b. Dependent Variable: res\_new\_2

### ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,007	21	,000	,865	,631 <sup>b</sup>
	Residual	,018	44	,000		
	Total	,026	65			

a. Dependent Variable: res\_new\_2

b. Predictors: (Constant), lagVIX\_lag2lnwti, Inflace\_2, Dolar\_2, dolar\_lag2wti, efekt\_2, lnDodavky\_lnSpotřeba, inflace\_lagVIX, lnDodavky\_2, efekt\_lagVIX, dolar\_inflace, lagVIX\_2, efekt\_lag2lnwti, inflace\_efekt, dolar\_lagvix, inflace\_lag2lnwti, lag2lnwti, dolar\_efekt, Inflace\_dopln, lnSpotřeba\_lagVIX, dolar\_lnsпотреba, lnDodavky\_efekt

## Příloha č.10

### Hodnoty nově vypočteného modelu

#### Model Summary<sup>b</sup>

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,970 <sup>a</sup>	,941	,933	,12475

a. Predictors: (Constant), Y\_3, Inlace\_dopln, lagVIX, efekt, lnSpotřeba\_svět, lnDodavky\_USA, lag2\_lnWTI, Dolar

b. Dependent Variable: lnwti  
Coefficients<sup>a</sup>

#### Coefficients

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-1,590	32,520		-,049	,961
	Dolar	-1,651	2,671	-,166	-,618	,539
	Inlace_dopln	-,002	,040	-,006	-,056	,955
	lnDodavky_USA	-,332	2,540	-,026	-,131	,896
	efekt	,018	,022	,073	,822	,414
	lnSpotřeba_svět	,880	,633	,092	1,391	,170
	lagVIX	-,001	,005	-,014	-,163	,871
	lag2_lnWTI	,056	,141	,058	,397	,693
	Y_3	,016	,010	,724	1,558	,125

a. Dependent Variable: lnwti

#### Excluded Variables<sup>a</sup>

				Partial	Collinearity
Model	Beta In	t	Sig.	Correlation	Statistics
1	Y_2	55,596 <sup>b</sup>	3,697	,000	,443
					3,728E-6

a. Dependent Variable: lnwti

b. Predictors in the Model: (Constant), Y\_3, Inlace\_dopln, lagVIX, efekt, lnSpotřeba\_svět, lnDodavky\_USA, lag2\_lnWTI, Dolar

Příloha č.11

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		RES_new
N		66
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	,0000000
	Std. Deviation	,11928455
Most Extreme Differences	Absolute	,108
	Positive	,049
	Negative	-,108
Test Statistic		,108
Asymp. Sig. (2-tailed)		,054 <sup>c</sup>
Exact Sig. (2-tailed)		,397
Point Probability		,000

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. Lilliefors Significance Correction.

Příloha č.12

	lnWTI_pred	LMCI	UMCI	LICI	UICI
1Q.2017	4,5416	4,47952	4,60369	4,28132	4,80189
2Q.2017	4,55632	4,49284	4,61981	4,2957	4,81694
3Q.2017	4,57104	4,50615	4,63593	4,31007	4,83201
4Q.2017	4,58575	4,51945	4,65206	4,32443	4,84708